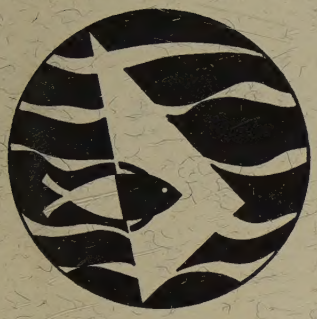
ED/T90

FAO Fisheries Technical Paper No. 90
(Distribution restricted)

FRD/T90(TRI)
Education and Training



LIBRARY
JUL 14 1972
FISH & WILDLIFE SERVICE

CAREERS IN MARINE SCIENCE

CARRIÈRES EN SCIENCES DE LA MER

CARRERAS EN LA CIENCIA MARINA

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS
ROME, 1969

FAO Fisheries Technical Paper No.90 FRD/T90(Tri)
(Distribution restricted) Education and Training

CAREERS IN MARINE SCIENCE

CARRIERES EN SCIENCES DE LA MER

CARRERAS EN LA CIENCIA MARINA

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

Rome, December 1969 Rome, décembre 1969 Roma, diciembre 1969

PREPARATION OF THIS PAPER

This Technical Paper (English original, and with French and Spanish translations) has been prepared in response to a suggestion by the Advisory Committee on Marine Resources Research (ACMRR) and the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) with a view to being used as a model for the preparation of similar pamphlets aimed at increasing the interest of senior school pupils and undergraduates in careers in the field of marine research.

PREPARATION DE CE DOCUMENT

Ce document technique (avec l'original en anglais et les traductions en français et en espagnol) a été rédigé pour répondre aux désirs exprimés par le Comité Consultatif sur les Ressources de la Mer (ACMRR) et la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI). Il a pour but de servir de modèle de préparation de brochures semblables destinées à accroître l'intérêt des étudiants des écoles secondaires ainsi que des non-licenciés dans les carrières de recherches des sciences de la Mer.

PREPARACION DE ESTE INFORME

Este Informe Técnico cuyo original está escrito en inglés y con traducciones en francés y español, ha sido preparado atendiendo a las indicaciones del Comité Asesor de la FAO sobre Investigaciones de los Recursos Marinos (CAIRM) y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) con vistas a que sirva como modelo para la preparación de folletos similares que ayuden a incrementar el interés de los estudiantes de escuelas superiores y de Facultades que abarquen el campo de las investigaciones marinas.

Distribution :

FAO Department of Fisheries
Regional Fisheries Officers
Selector SM
Member Countries
UNESCO (Office of Oceanography)
ACMRR
SCOR
Members of IOC Working-Group on Training Education
Members of COFI Sub-committee on Education and Training

"Current Bibliography" entry:

FAO (1969) 16-1MO83
FAO Fish.tech.Pap., (90):42 p.
Careers in marine science
Carrières en sciences de la mer
Carreras en la ciencia marina

Physics. Chemistry. Biochemistry. Geology. Mathematics. Engineering. Biology. Technology. Training. Career opportunities.
Fr & Es 16-1MO82.

C O N T E N T S

PREFACE	Page
English original	iii
French version	iv
Spanish version	v
CARRIERS IN MARINE SCIENCE	APPENDIX (inside back cover)
CARIERES EN SCIENCES DE LA MER	1
CARRERAS EN LA CIENCIA MARINA	23

PREFACE

by

S. J. Holt
FAO Marine Science and Fishery Co-ordinator with UNESCO

The Department of Fisheries of FAO has in recent years devoted increased attention to the problem of training for occupations and professions in fisheries, especially in developing countries; the Committee on Fisheries (COFI) established a "Sub-Committee on Fishery Education and Training" which, while having a wide brief, has concentrated mainly on matters related to the training of fishermen, instructors, and fishery officers.

At the same time, the FAO Advisory Committee on Marine Resources Research (ACMRR) has interested itself in the training of fishery scientists and laboratory technicians, while the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) has interested itself in the closely related, and indeed overlapping, problem of the education of marine scientists generally. The IOC Working Group on Training and Education in Oceanography has, jointly with a small Working Party of the ACMRR, reported on the need to interest senior school pupils and under-graduates in marine research as a career. This can be done by several means, perhaps the most useful being to introduce them formally to marine aspects of their chosen academic subjects, and to follow this up by cruises on research vessels and sojourns at sea-side laboratories. There is clearly much scope for international collaboration in such activities which could be included in the joint programme to be drawn up by UNESCO's Office of Oceanography, the Intergovernmental Oceanographic Commission and FAO Fishery Resources and Exploitation Division. It has been suggested that a simple first step would be to make widely available, in several languages, a simple model brochure describing and illustrating the scope, nature, and applications of marine science. No such brochure could be universally applicable, but its text might be adapted by institutions in various countries to their local conditions, and its diagrams supplemented by appropriate photographs. FAO has had successful experience in producing adaptable model texts with its pamphlets "Fishermen and the Weather" (prepared in co-operation with WMO) and "Oceanography for Fishermen" (in co-operation with UNESCO/IOC) which is under preparation.

Rather than prepare a brochure ab initio, it seemed better to select one of the most suitable from among a number of existing ones which had been issued from time to time by national authorities and societies. Among the more recent ones, the most comprehensive and generalised known to us was that prepared by the Australian Marine Science Association, and we have taken their brochure as the basis for the present FAO document, which gives its text both in French and Spanish. We hope it will prove useful in other countries, and we shall be glad to receive comments on it. A copy of the original brochure is annexed to this Technical Paper.

PREFACE

par

S. J. Holt
Coordonnateur FAO pour les sciences de la mer et les pêches auprès de l'UNESCO

Au cours des dernières années, le Département des pêches de la FAO a consacré une attention croissante au problème de la formation des employés et des professionnels des pêches, spécialement dans les pays en voie de développement. Le Comité des Pêches (COFI) a établi un Sous-Comité de l'enseignement et de la formation halieutique lequel, tout en ayant un champ d'action très étendu, a concentré surtout ses efforts sur les points relatifs à la formation des pêcheurs, des instructeurs et des fonctionnaires des pêches.

En même temps, le Comité consultatif de la recherche sur les ressources de la mer (CCRRM) de la FAO s'est intéressé à la formation des chercheurs scientifiques dans le domaine des pêches et des techniciens de laboratoire alors que la Commission océanographique inter-gouvernementale (COI) s'est intéressée en général aux problèmes étroitement reliés et même se chevauchant de l'éducation des chercheurs dans les sciences de la mer. Le groupe de travail sur la formation et l'éducation en océanographie de la Commission océanographique inter-gouvernementale (COI), avec un petit groupe de travail du Comité consultatif de la recherche sur les ressources de la mer, a signalé le besoin d'intéresser les étudiants des écoles secondaires et les non-licenciés dans les recherches en mer en tant que carrière. Ceci peut-être fait de différentes manières, peut-être la plus utile serait de les initier officiellement aux aspects marins des sujets académiques de leur choix et de faire suivre ceci par des croisières sur les bateaux de recherches et des séjours dans des laboratoires maritimes. Il y a maintes raisons pour une collaboration internationale à de telles activités qui pourraient être comprises dans le programme conjoint devant être rédigé par l'Office d'océanographie de l'UNESCO, la Commission océanographique inter-gouvernementale et la Division des ressources et de l'exploitation des pêches de la FAO. Il a été suggéré qu'un premier pas serait une large distribution, dans plusieurs langues, d'une simple brochure-type décrivant et illustrant le but, la nature et les applications des sciences de la mer. Une telle brochure ne serait pas obligatoirement valable universellement mais son texte pourrait être adapté par les institutions de divers pays à leurs conditions locales et ses diagrammes pourraient être complétés par des illustrations photographiques appropriées. La FAO a rédigé avec succès un texte-type adaptable avec ses brochures sur "Les pêcheurs et les conditions météorologiques", (préparé en collaboration avec l'OMM) et sur celle intitulée "Oceanography for Fishermen", actuellement en préparation avec la collaboration de l'UNESCO et le COI.

Plutôt que de rédiger une brochure ab initio, on pensa mieux faire en choisissant l'une des mieux adaptées parmi celles déjà existantes qui avaient été publiées de temps en temps par les autorités nationales et les sociétés. Parmi les plus récentes, la plus complète et la plus généralisée, à notre connaissance, était celle préparée par "l'Australian Marine Science Association", et nous nous en sommes servis comme base du présent document de la FAO. Nous espérons qu'il s'avèrera utile dans d'autres pays et nous serons heureux de recevoir des commentaires à ce sujet. Un exemplaire de la brochure originale est en annexe à ce document technique.

PROLOGO

por

S. J. Holt
Coordinador de la FAO ante la UNESCO para las Ciencias del Mar y la Pesca

En los años recientes, el Departamento de Pesca de la FAO ha prestado atención creciente al problema de la formación de empleados y funcionarios del sector pesquero, especialmente en los países en desarrollo. El Comité de Pesca (COFI) ha establecido un Subcomité para la Enseñanza y Formación Pesqueras, el cual, teniendo un amplio campo de acción, ha concentrado su actividad principalmente en problemas relacionados con la capacitación de pescadores, instructores y oficiales de pesca.

Al mismo tiempo, el Comité Asesor de la FAO sobre Investigaciones de Recursos Marinos (CAIRM) se ha interesado en la formación de científicos pesqueros y técnicos de laboratorio, mientras que la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) se ha interesado generalmente en los problemas de la formación de científicos marinos similares y, por cierto, superpuestos. El Grupo de Trabajo de la COI sobre Capacitación y Enseñanza de la Oceanografía, juntamente con un pequeño Grupo de Trabajo del CAIRM, ha manifestado la necesidad de interesar a los estudiantes de enseñanza media y universitarios para la carrera de Ciencias del Mar. Esto se puede lograr a través de varios modos siendo, tal vez, el más conveniente la introducción de dichos estudiantes a temas académicos dentro de los aspectos oceanográficos, y seguir luego con cruceros a bordo de buques de investigación y estadías en laboratorios costeros. Es evidente que tales actividades necesitan la colaboración internacional las cuales podrían incluirse en el programa conjunto a ser elaborado por la Oficina Oceanográfica de UNESCO, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental y la Dirección de Recursos Pesqueros y Explotación de la FAO. Se ha sugerido que un primer paso podría constituir la distribución amplia de un folleto en varios idiomas describiendo la finalidad, naturaleza y las aplicaciones de las ciencias marinas. Un folleto de esta índole no podría ser aplicado universalmente, pero las instituciones de distintos países podrían adoptar su texto de acuerdo a las condiciones locales y suplir sus diagramas con fotografías más apropiadas. La FAO posee buena experiencia en la elaboración de textos de modelos adaptables como por ejemplo "Los Pescadores y el Tiempo" (preparado en clolaboración con la OMM) y "Oceanografía para Pescadores" (el cual se está preparando en cooperación con la UNESCO/COI).

En lugar de preparar un folleto nuevo, sería mejor elegir uno de los más adecuados entre los que ya han sido publicados de vez en cuando por autoridades nacionales y asociaciones. Entre los más recientes, conocido por nosotros como el más vasto y generalizado, es el preparado por la "Asociación Australiana de Ciencias del Mar y nosotros hemos tomado su folleto como base para la elaboración del presente documento de la FAO, el cual da sus textos en francés y español. Nosotros esperamos que este documento será útil en otros países y nos complacerá recibir comentarios sobre el mismo. Se agrega a este Documento Técnico una copia del folleto original.

CARRIERES EN SCIENCES DE LA MER

Index

	Page
Recherches en Sciences de la Mer	5-18
Physique	5
Chimie	7
Biochimie	9
Géologie	10
Mathématiques	11
Genie	12
Biologie	15
Biologie des Pêches	17
Technologie des Aliments	18
Formation de Chercheurs en Sciences de la Mer	19
Carrieres Offertes en Sciences de la Mer	21

CARRIERES EN SCIENCES DE LA MER

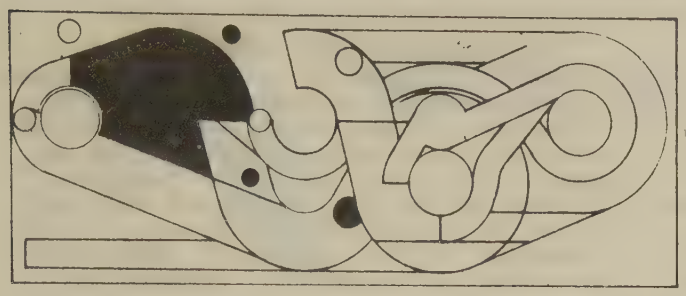
LA PLANETE OCEAN

"Mainte gemme... gît dans les
antres noirs inexplorés des mers..."

Si l'étendue des terres est immense, celle des Océans l'est encore plus, puisqu'elle occupe quelque 70 pour cent de la superficie du globe. En outre, il y a beaucoup plus d'eau au-dessous de la surface des mers qu'il n'y a de terre au-dessus du sol. Les continents ne sont que de simples excroissances si on les compare aux profondes dépressions que recouvre l'eau des océans. C'est ainsi que dans les profondeurs abyssales de l'Océan Pacifique occidental le fond de la mer doit être très proche du noyau en fusion de notre planète. Ce n'est probablement pas une simple coincidence que la ceinture la plus active des tremblements de terre se trouve dans cette zone. Les profondeurs de la mer n'en demeurent pas moins un monde prestigieux sur lequel nous savons encore très peu de choses. Or, tant que les hommes n'auront pas appris à y vivre ou à mieux le connaître, ils n'arriveront pas à comprendre la structure de la terre. On n'a même pas encore établi la cartographie détaillée des fonds marins. C'est cependant un paysage qu'il est tentant d'explorer, bien que nous ignorions actuellement quelle serait le résultat d'une telle entreprise, notamment en ce qui concerne les avantages économiques: mais le fond des océans peut fort bien détenir de merveilleux secrets. En effet, n'est-il pas composé du limon de la terre qui s'est accumulé dans les plus profondes crevasses depuis l'origine des temps. L'histoire du monde, depuis que les eaux ont commencé à couler, doit certainement s'y trouver inscrite de façon parfaitement ordonnée. Le Pacifique, cet immense et profond océan, recouvre presque la moitié du globe. Jusqu'à présent, nous n'avons pu lui arracher que peu de choses utiles ou intéressantes. A l'exception de quantités relativement réduites de poisson pour l'alimentation et de quelques parfums et perles pour notre parure, rares sont les besoins essentiels de l'homme qu'il a satisfaits. Son immensité a servi à mettre au point les armes et la stratégie de la guerre moderne. Ces quelques bribes, dont certaines de valeur discutable, sont tout ce qu'il nous a donné. Il est difficile d'admettre que ce formidable volume d'eau n'ait rien d'autre à nous offrir. Certes, la science moderne a déjà révélé que les mers exercent une influence indirecte considérable sur la terre et sur tous les êtres vivants de notre planète. Par exemple, elles sont le principal facteur du climat et du temps. Elles sont la fontaine thermique de la terre, puisant la chaleur dans les régions équatoriales et la transportant jusqu'aux zones tempérées pour les empêcher d'être recouvertes par les glaces. Elles absorbent une grande proportion de l'acide carbonique rejeté par l'industrie massive de l'homme moderne. Cependant nous ignorons quelles seront, en fin de compte, les conséquences de cet état de choses, et nous pouvons craindre qu'elles ne soient désastreuses: la biolgie des mers en est probablement affectée et l'action chimique que provoque cette absorption occasionne une élévation de la température qui, en fondant la calotte glaciaire des pôles, pourrait éventuellement faire monter le niveau des mers et engloutir de grandes villes et de longues bandes côtières. Ces phénomènes importants sont admis aujourd'hui, mais nos connaissances de leur mécanisme sont encore généralement vagues. Toutefois, le tableau se précise du fait que l'océanographie se développe rapidement. Le concept des fonds stagnants a déjà été remplacé par celui d'un mouvement incessant et ascendant des mers. Nous admettons aujourd'hui qu'il y a des myriades d'activités dans les océans, qu'une action en influence une autre,

laquelle à son tour en modifie une troisième et ainsi de suite tout au long d'une longue chaîne. En vérité, la complexité caractérise l'océanographie. C'est seulement au cours des années récentes que nous avons commencé à mettre au points des instruments et des appareils permettant d'étudier la dynamique des océans et d'observer intensivement leurs modifications physiques et chimiques et les effets de celles-ci sur les populations animales et végétales qui ont leur habitat dans les eaux bleues et vertes. C'est pourquoi les diverses sciences marines s'efforcent de connaître sur notre monde et tout l'univers plus que ne peut nous en apprendre l'exploration même de l'espace. Il est fort possible aussi qu'elles nous révèlent des secrets essentiels pour la survivance de l'homme. Avec une population qui se multiplie rapidement et qui épuise nombre des ressources terrestres traditionnelles, y compris - ce qui est paradoxal - l'eau, nous sommes de plus en plus contraints de rechercher d'urgence l'aide de la mer. Si nous voulons utiliser tout ce que les océans ont à nous offrir, il faudra qu'un nombre croissant de nos jeunes gens, formés aux sciences de base et capables d'entreprendre des travaux de recherche fondamentale dans un domaine extrêmement complexe et parfois dangereux, se consacrent à l'acquisition de connaissances sur le comportement de la mer. C'est seulement ainsi que nous pourrons accroître nos possibilités et, en fin de compte, réaliser sur une vaste échelle des espoirs tels que la pisciculture, la culture du plancton, l'extraction des minéraux, la purification de l'eau et la création d'énergie.

Notre tableau donne une juste idée de l'ampleur de notre sujet, de son caractère dynamique, de la complexité de son étude et surtout de l'intérêt qu'il offre à ceux qui se consacrent aux sciences et à l'humanité. Par exemple, la partie verte représente cette portion du milieu marin sur laquelle l'homme exerce une certaine influence; la flèche jaune indique l'apport naturel d'énergie, de gaz, de produits chimiques, de minéraux et d'organismes, tandis que la flèche rouge représente les autres apport y compris les déchets rejetés par l'homme. Les flèches rouge et bleue contiennent les symboles de l'exploitation. L'action réciproque de tous ces apports et activités est décrite à travers tout le tableau et en particulier dans la bande blanche qui montre que pour étudier les caractéristiques et le comportement de la mer, les chercheurs doivent mettre au point un équipement spécial leur permettant de compléter leurs facultés sensorielles limitées aux choses de la terre, d'entreprendre des efforts en coopération et d'intégrer leurs découvertes et observations à l'aide des mathématiques et des ordinateurs. En tissant ainsi les fils de nos connaissances, nous serons un jour en mesure de prédire toutes les sortes de transformations de la mer et d'en conserver et reconstituer les ressources.



RECHERCHES EN SCIENCES DE LA MER

PHYSIQUE

La physique de la mer est un domaine qui prend rapidement de l'expansion. La circulation fondamentale des océans est un processus physique et est étudiée par de nombreuses méthodes. En bref, la circulation de la mer est occasionnée par l'eau chaude, et par conséquent légère qui, de l'Equateur se dirige à la surface vers les pôles, où elle s'enfonce et coule vers l'Equateur le long des fonds, en s'élevant très lentement dans les régions tropicales pour recommencer le cycle (1).* D'immenses quantités de chaleur solaire sont ainsi transportées vers le nord et le sud à partir des tropiques. Une quantité encore plus considérable de chaleur solaire est distribuée par l'eau évaporée dans les régions sub-tropicales et précipitée en pluie dans les zones tempérées de latitude plus élevée. (2). C'est grâce à cette distribution de la chaleur solaire que la vie est possible sur une si grande partie de la terre.

La circulation simple de l'eau que nous venons de décrire se complique du fait du régime des vents au-dessus de la terre (3). Les alizés persistants tendent à diriger l'eau chaude superficielle vers l'ouest le long de l'Equateur, dans chaque océan; lorsque cette eau rencontre la terre, elle est déviée vers le nord et le sud. C'est ainsi que se forment le célèbre Gulf Stream et notre propre courant australien oriental (4).

La rotation de la terre complique encore la circulation océanique en tendant à dévier vers la droite toutes les masses d'eau en mouvement dans l'hémisphère septentrional et vers la gauche dans l'hémisphère austral. Ajoutons à cela que, dans certaines zones (la Mer Rouge par exemple) l'évaporation élevée produit une eau plus salée et plus lourde qui s'enfonce à des profondeurs pouvant atteindre 1 600 mètres, tandis que dans les régions arctiques, antarctiques et sub-antarctiques les différents degrés de refroidissement produisent une eau froide et lourde qui descend à différentes profondeurs, et l'on comprendra que les océanographes physiciens ont de nombreux problèmes à résoudre.

Une grande partie de la physique marine est consacrée aux vagues (5), marées et niveaux de la mer. Grâce à une meilleure connaissance de la formation et du comportement des vagues, on a pu instituer un système efficace de prévision des tsunamis (raz de marée) qui a permis de sauver de nombreuses vies humaines, sinon d'habitations. La prévention des dégats causés aux biens matériels par ces vagues est plutôt du ressort de l'ingénieur.

Le niveau de la mer est loin d'être constant (6). Non seulement il varie avec les marées diurnes bien connues, mais il s'élève aussi chaque été et baisse chaque hiver, en raison principalement des changements dans la température et la pression atmosphérique. Sur des cycles de plusieurs siècles, le niveau de l'océan se modifie également par suite de l'augmentation et de la diminution des calottes glaciaires. A l'époque romaine, le niveau de la mer était bas, les hivers étaient froids et les étés secs; mais vers l'an 500 de notre ère, les calottes glaciaires se sont réduites, le niveau de la mer a monté et de nombreuses régions côtières ont été inondées; les quais et les jetées construits par les Romains furent engloutis, mais les ouvrages qui les remplacèrent furent laissés à sec au Moyen-Age lorsque survint une autre période de froid qui fit baisser le niveau de la mer. Il est possible, dans une certaine mesure, de prédire les changements de climat d'après les modifications du

* Les chiffres entre parenthèses renvoient au schéma de la page.

niveau de la mer (7).

On a fait montre de beaucoup d'ingéniosité pour mettre au point les techniques de la physique marine. Le kinétographe géoélectrique permet de mesurer les courants de surface à l'aide d'un conducteur remorqué par un bateau. Un courant d'eau se déplaçant à angle droit par rapport au conducteur produit un faible voltage en raison de la composante verticale du champ magnétique terrestre, et la mesure de ce voltage indique la vitesse du courant marin. Les courants profonds sont mesurés maintenant à l'aide d'un "flotteur neutre" (8). Cet appareil, constitué par une boîte en aluminium d'une gravité spécifique déterminée, est simplement jeté par dessus bord et s'enfonce jusqu'à ce qu'il rencontre de l'eau d'une densité égale à la sienne. Le flotteur se déplace alors avec le courant d'eau et ses mouvements peuvent être suivis grâce aux signaux émis par un oscillateur placé à l'intérieur de la boîte.

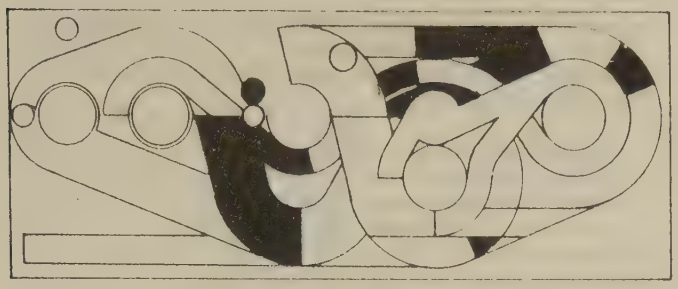
On a également mis au point un instrument qui mesure en permanence la teneur en sel et la température de l'eau de mer. Cet instrument (9), descendu au fond de la mer à l'aide d'un fil, transmet à la surface les renseignements par signaux sonores. On utilise de plus en plus, notamment aux Etats-Unis, des instruments amarrés au fond de la mer et maintenus à des profondeurs déterminées par une grosse bouée (10). Ces stations fixes transmettent par radio aux laboratoires terrestres des données sur la salinité, la température, la vitesse du courant et du vent.

On peut obtenir des indications générales sur les caractéristiques des courants à toutes les profondeurs en calculant le champ de pression sur une surface donnée. La teneur en sel et la température d'échantillons d'eau prélevés à différentes profondeurs permettent de déterminer leur densité ainsi que la densité de la colonne d'eau à l'un quelconque de ses points. Un point situé à la surface de la mer, au-dessus d'une eau de faible densité (volume spécifique élevé) sera à un niveau plus élevé qu'un autre point recouvrant une eau plus dense, de sorte qu'un courant tendra à se former entre le premier et le deuxième de ces points. Les courants calculés de cette manière correspondent parfaitement aux résultats obtenus avec des courantomètres (11).

L'océanographie physique nous aide à comprendre et à prévoir pourquoi certaines zones océaniques sont plus fertiles et plus riches en organismes vivants que d'autres. Etant donné la pluie continuelle, vers le fond des océans, de débris organiques composés de cellules mortes, des fèces de zooplancton et de fragments d'organismes, la teneur en matières dissoutes nécessaires pour la synthèse organique (oligo-éléments, azote, phosphore) augmente avec la profondeur. Dans les zones où ces riches eaux profondes remontent à la surface (12), un effet analogue à la fertilisation d'un pâturage se produit et on enregistre une floraison spectaculaire des plantes marines suivie par un accroissement considérable des populations d'animaux qui se nourrissent d'algues ou se dévorent entre eux.

La météorologie, qui est essentiellement une science physique, s'occupe des phénomènes océaniques du fait que la distribution de la chaleur sur le globe dépend largement des courants océaniques. Les satellites météorologiques comme Tiros (13) pourront peut-être un jour donner la température de la surface des océans. La mer agit comme un vaste réservoir, équilibrant aussi la teneur en vapeur d'eau et en acide carbonique de l'atmosphère. Etant donné que ce sont ces deux substances qui retiennent près de la surface de la terre la plus grande partie de la chaleur solaire (14) on peut, là encore, se rendre compte de l'importance des océans sur nos climats.

Les physiciens spécialisés dans l'étude des mers se divisent en deux catégories: les océanographes physiciens et les météorologistes marins. Le terme "hydrographie" a été employé en Europe comme synonyme d'océanographie physique, mais aujourd'hui il s'applique principalement à la branche de l'océanographie qui, dans la marine, est chargée d'établir les cartes bathymétriques.



CHIMIE

L'eau de mer contient sous certaines formes et en quantités variables, à peu près tous les éléments qui figurent dans la classification périodique. Toutes les matières dissoutes dans la mer provenaient à l'origine du lessivage de la terre lorsque les océans furent formés d'abord par la condensation des nuages de vapeur d'eau qui entouraient la terre il y a des millions d'années. La terre déverse sans arrêt des matières dans la mer (15) par lessivage du sol, la corrosion des métaux, la combustion des carburants et l'érosion côtière. Certaines de ces matières son renvoyées à la terre par la mer, principalement dans les précipitations qui arrosent les côtes (16), mais on voit que la mer est un réservoir de matières dissoutes et qu'à mesure que la terre s'épuise progressivement, il nous faudra examiner de plus en plus les possibilités d'exploiter ce réservoir.

L'exploitation future des minéraux qui se trouvent dans la mer dépendra en premier lieu de techniques d'analyse sûres (17) dont beaucoup devront être adaptées à l'échelle commerciale. On se rendra compte de la difficulté que présente l'analyse de l'eau de mer si l'on considère que la concentration du chlore, élément le plus abondant, est un trillion de fois plus forte que la concentration du radon, élément le plus rare.

La connaissance de la composition chimique de l'eau de mer a été très utile au point de vue pratique. Par exemple, les composants des mélanges antidétonants pour l'essence contiennent du brome dont une grande quantité est extraite de l'eau de mer. Des métaux importants comme le magnésium, le calcium et le potassium (18) et le sulfate de sodium sont également fournis par la mer (19). Quatre kilomètres cubes d'eau de mer contiennent 25 tonnes d'or et 7 tonnes d'uranium, mais il faudra que les techniques chimiques fassent de grands progrès (probablement en utilisant des résines échangeuses d'ions) avant de pouvoir utiliser commercialement de telles concentrations relativement faibles.

La mer est une solution chimique complexe dont la composition se rapproche de celle de notre propre sang. En fait, il paraît certain que les premiers animaux à quitter le milieu marin et à coloniser la terre ont emporté avec eux une partie de leur milieu en enfermant dans leur corps une certaine quantité d'eau de mer, formant ainsi le premier système circulatoire.

Une part du travail d'extraction des minéraux de la mer est effectué au profit de l'homme par les plantes et les animaux marins. C'est ainsi que pendant des siècles, les herbes marines ont fourni l'iode (20) et que des éléments comme le vanadium et le manganèse sont emmagasinés par les tuniciers et les protozoaires (21).

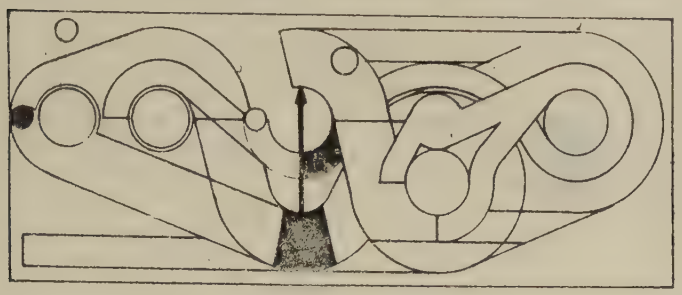
On s'est fort préoccupé ces dernières années de la destruction dans la mer des déchets radioactifs et industriels (22). Bien qu'il semble très commode et sans danger de déverser ces déchets dans les fonds marins, une analyse chimique sérieuse a montré que, même des plus grandes profondeurs (jusqu'à 8 kilomètres) ces matières pouvaient arriver à la surface des eaux ou dans les êtres vivants dont se nourrit l'homme. La pollution des plages par les résidus de pétrole déversés en mer constitue un problème qui n'a pas encore été résolu.

L'étude des gaz dissous dans l'eau de mer présente un intérêt plus théo-

rique. Etant donné que l'eau qui se trouve dans les profondeurs est isolée de l'atmosphère, le rapport isotopique azote/carbone (sous forme d'acide carbonique) (23) tend à être différend de celui qui existe dans l'air et cette différence donne une indication de l'âge d'une masse d'eau.

Les chimistes physiciens ont de fortes raisons de s'intéresser aux océans. En effet, la haute concentration d'ions, le pH élevé constant et les pressions qui s'exercent en profondeur (chaque descente de 30 pieds augmente la pression d'une atmosphère) compliquent de nombreuses réactions chimiques. C'est pourquoi également la chimie analytique de l'eau de mer constitue un domaine à part.

En matière de recherche chimique, les spécialisation normales sont: la chimie inorganique, la chimie organique, la chimie physique et la chimie industrielle. Il est possible d'entreprendre des recherches sur la mer dans n'importe laquelle de ces disciplines, bien que souvent ceux qui se consacrent à la chimie de la mer se dénomment eux-mêmes océanographes chimistes.



BIOCHIMIE

Comme sur la terre, la vie dans la mer dépend, en fin de compte, de la photosynthèse (24). C'est un processus par lequel l'énergie de la lumière est utilisée pour réduire l'acide carbonique et l'eau en hydrate de carbone et emmagasiner de l'énergie en vue des synthèses enzymatiques ultérieures. Une grande partie de la recherche océanographique est consacrée à l'étude de la photosynthèse ou de ses phénomènes connexes dans l'océan. Les plantes aquatiques sont plus efficaces que les plantes terrestres dans l'utilisation des radiations solaires. C'est ainsi que Chlorella utilise 2 pour cent de la lumière incidente alors que les plantes terrestres en utilisent 1 pour cent seulement. L'étude de ces phénomènes pourrait fort bien faire avancer nos connaissances fondamentales. Etant donné que les plantes aquatiques sont complètement contenues dans un milieu aqueux, il est souvent plus facile de suivre les cycles métaboliques et d'examiner les produits finaux de ces cycles (25).

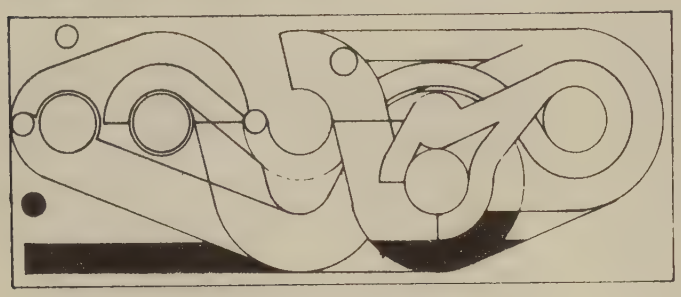
Dans les profondeurs obscures de l'océan, à partir d'une centaine de mètres, aucune photosynthèse ne peut se produire, mais on estime qu'environ la moitié de la production organique totale dans la mer a lieu dans ces profondeurs par un processus hétérotrophique, c'est-à-dire l'utilisation par les bactéries et les algues de la matière organique dissoute pour se procurer leur énergie et constituer la matière cellulaire. La nature de cette matière organique dissoute n'a pas encore été étudiée à fond; pour le faire il faudra réaliser de grands progrès dans les techniques d'extraction et de chromatographie (26). Nous savons seulement qu'il s'y trouve des acides aminés, des protéines (27), des hydrates de carbone de toutes sortes, de l'humus, des vitamines, des facteurs de croissance et des toxines.

Les plantes aquatiques, tout comme les plantes terrestres, ont besoin de nombreux oligo-éléments dont beaucoup, tels que les métaux lourds, sont insolubles dans l'eau de mer. On pense que certains de ces métaux essentiels sont retenus dans la mer par combinaison avec des composés organiques.

On ne connaît pas encore complètement le cycle biologique dans la mer. La matière élémentaire des plantes unicellulaires retourne graduellement dans l'eau pour être utilisée de nouveau, mais les chemins suivis par cette matière sont nombreux et variés. Beaucoup d'énigmes restent sans réponse. Ainsi, quelque 80 millions de tonnes d'azote inorganique, sous forme d'ammoniaque et de nitrate, sont déversées chaque année dans la mer par les pluies et les fleuves, mais 10 millions de tonnes seulement arrivent au fond de la mer comme sédiments, sous forme d'azote organique intact. On ignore complètement ce que deviennent les autres 70 millions de tonnes.

Bien entendu, tous les organismes vivants de la mer peuvent faire l'objet de la recherche biologique, sous tous ses aspects. Nous avons déjà parlé en détail de la photosynthèse, car c'est un phénomène universel et qu'il importe beaucoup à l'heure actuelle d'élucider. Cela ne veut pas dire cependant que d'autres questions, telles que le processus métabolique, les hormones et les systèmes enzymatiques des organismes marins sont sans importance. De plus, étant donné que certains des animaux les plus anciens dans les séries évolutionnaires vivent dans la mer, la biochimie marine pourrait apporter une contribution précieuse à la biochimie comparée.

Les biochimistes qui étudient les organismes marins ne se préoccupent guère, d'ordinaire, de se donner un nom: ils se contentent d'être appelés biochimistes.



GEOLOGIE

Les géologues marins sont connus surtout en raison de leurs travaux de prospection du pétrole (28). Les huiles minérales que nous utilisons comme combustibles sont dérivées d'organismes morts (29) qui se sont déposés sur le fond des mers peu profondes il y a des millions d'années. Ensevelis sous les sédiments et par suite privés de tout oxygène, ces organismes se sont décomposés anaérobiquement en formant de longues chaînes d'hydrocarbones. Toutefois, on se préoccupe beaucoup actuellement de récupérer du fond de la mer d'autres minéraux très précieux, tels que le soufre, le manganèse et le phosphate (30).

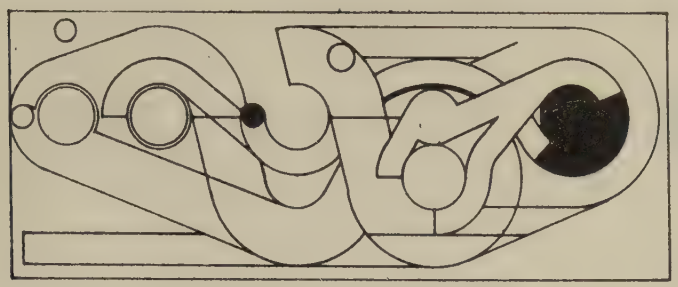
L'étude des sédiments de l'océan est non seulement utile pour l'extraction de minéraux comme les phosphates et le manganèse, mais elle fournit également des indications sur le climat des époques antérieurs (31).

Certains géologues qui étudient la la structure de la terre ont entrepris un projet ambitieux dénommé "Opération Mohole" (32). Il s'agit de forer, à travers la croûte terrestre, jusqu'à la discontinuité de Mohorovic, à partir d'une plateforme flottante. Cette méthode présente des difficultés, mais elle offre l'avantage que la croûte terrestre est moins épaisse sous les fonds marins que sous les masses terrestres.

Une étude des profondeurs de l'océan, c'est-à-dire la configuration et la topographie des fonds marins, peut nous fournir beaucoup de renseignements sur l'histoire de la terre. La forme actuelle de la surface terrestre peut s'expliquer soit par l' "effondrement", soit par la dérive des continents. D'après la première de ces théories, les océans auraient été formés par suite de l'affaissement graduel des masses terrestres accompagné d'une élévation compensatrice autour de la zone effondrée. Ce phénomène est nettement visible autour de l'Océan Pacifique avec la chaîne de montagnes de l'Amérique occidentale limitrophe de la rive orientale de l'océan, et la chaîne d'îles -qui sont des montagnes s'élevant depuis le fond de la mer- le long de la rive occidentale de l'océan. Les partisans de la deuxième théorie considèrent que les continents se sont déplacés horizontalement et en voient la preuve dans le fait que de nombreuses côtes, situées sur les bords opposés d'un océan, s'ajustent parfaitement comme les morceaux d'un puzzle, et dans la découverte récente que les champs magnétiques dans les couches anciennes ne sont pas orientés suivant un axe nord-sud, ce qui conduit à penser que les masses terrestres ont pivoté légèrement au cours de leur dérive.

De nombreux géologues ont mis à profit les modifications de la ligne côtière (par exemple, le niveau de la marée haute) pour étudier les changements climatiques des anciennes époques ou les modifications dans la répartition de la masse terrestre. Certaines des données sur lesquelles se fonde la théorie de l'isostasie, selon laquelle la compression des masses terrestres polaires sous une couche de glace de plus en plus épaisse, suivie, au cours des périodes plus chaudes, de l'exposition et de l'érosion de ces masses, sont fournies par les anciens rivages que l'on peut repérer par les fossiles ou les changements dans la pente du fond marin.

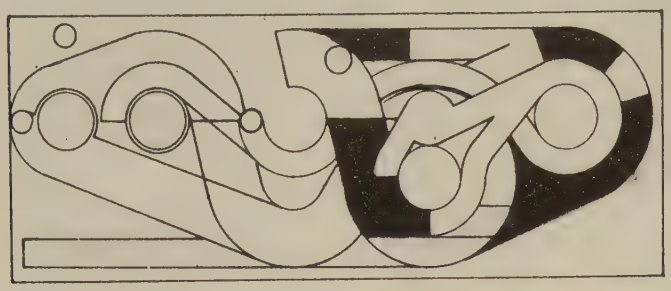
Les chercheurs qui étudient les problèmes qui viennent d'être esquissés dans les deux derniers paragraphes sont généralement dénommés géophysiciens. Ceux qui étudient la géologie du fond de la mer sont appelés géologues marins; les spécialisations sont nombreuses: étude de la topographie, de la stratigraphie, de la sédimentation, etc.



MATHEMATIQUES

Il s'avère de plus en plus qu'une jeune personne douée pour les mathématiques peut se faire une situation dans presque n'importe quelle sphère d'activité scientifique, y compris les sciences marines. Outre les mathématiques utilisées en océanographie physique et en génie maritime, les mathématiciens ont un grand rôle à jouer, par exemple, dans la préparation de programmes d'ordinateurs pour traiter le volume considérable de données accumulées par les chercheurs marins (34) et qui vont de la détermination de la teneur en sel de milliers d'échantillons d'eau, jusqu'à l'apparition d'un animal particulier dans la zone intercotidale.

Les statisticiens peuvent épargner beaucoup d'efforts aux autres chercheurs en les aidant à planifier leurs observations (35). Par exemple, pour établir un programme visant à mesurer la densité des populations de zooplancton, il ne sert à rien de récolter du zooplancton ici et là, alors qu'il peut y avoir une répartition particulière du plancton. Les statistiques permettent d'appliquer des procédures opérationnelles adaptées à la quantité de mesures que l'on doit faire et à l'équipement et au temps dont on dispose. De même que l'utilisation optimum des machines et du personnel permet à l'industrie de réaliser de grosses économies ou d'accroître son efficacité, les croisières océanographiques devraient à l'avenir être soigneusement planifiées (36).



GENIE

Les ingénieurs ont un rôle à jouer dan de nombreuses branches de la science marine, depuis la conception de nouveaux instruments jusqu'à la protection des côtes. On trouvera décrites ci-après certaines applications entièrement nouvelles de l'art de l'ingénieur dans le domaine marin.

L'homme utilise depuis longtemps l'énergie hydraulique, mais jusqu'à une époque récente, cette utilisation se limitait aux rivières et aux fleuves. La formidable énergie des marées ne pouvait être mise à profit en raison de leurs variations de vélocité et d'amplitude. Ce problème a été résolu par la France avec l'usine marémotrice de la Rance (37). Un barrage de 20 km de long a été construit dans l'estuaire et les turbines sont actionnées par la marée montante et la marée descendante, le débit de l'eau étant réglé par des vannes afin d'avoir un courant régulier. Pendant la nuit, alors que les besoins sont réduits, l'électricité du réseau national peut alimenter les génératrices des turbines, renversant ainsi leur fonction, pour en faire des moteurs et des pompes, ce qui permet de pomper de l'eau et de l'emmagasiner derrière la digue pour être utilisée le lendemain. Les Canadiens et les Américains étudient un projet analogue dans la baie de Passamoquoddy, et les Britanniques envisagent d'utiliser l'estuaire du fleuve Severn pour produire de l'énergie.

Un système ingénieux pour utiliser la mer comme source d'énergie met à profit le fait que, sous les tropiques, la plus grande partie des radiations solaires sont arrêtées dans la couche supérieure de la mer. Il en résulte que la couche chaude superficielle de la mer recouvre une couche d'eau plus profonde et plus froide et c'est cette différence de température qui a été utilisée à Abidjan (Afrique de l'Ouest) pour actionner une turbine. En bref, l'eau chaude superficielle est pompée à terre dans un large anneau ouvert situé au sommet d'un puit profond. Au fond du puit est installé un serpentin de refroidissement dans lequel est pompée de l'eau plus froide provenant des couches profondes de la mer et une trubine est placée entre les deux. L'eau chaude qui s'évapore de l'anneau ouvert descend dans le puits et se condense sur le serpentin et la légère différence de pression actionne la turbine. L'énergie produite est faible, mais il n'y a aucune dépense de combustible et, naturellement, l'eau condensée est douce et propre à la consommation humaine.

La transformation de l'eau salée en eau potable est un problème qui exige une solution d'urgence. En effet, la pénurie d'eau est générale et se complique chaque année du fait de l'accroissement démographique et du développement industriel, les usines utilisant, par exemple aux Etats-Unis, beaucoup plus d'eau que n'importe quelle autre activité humaine. Malheureusement, les précipitations sont constantes et imposent une limite aux disponibilités d'eau douce; toutefois, le réservoir d'eau de mer est pratiquement inépuisable.

C'est l'alambic à basse pression qui a donné les meilleurs résultats pour la purification de l'eau de mer (38). Dans cet appareil, l'eau de mer est introduite dans une série de chambres, où l'on a fait le vide et qui sont chauffées; à des pressions aussi basse, l'eau s'évapore plus facilement et la chaleur libérée au moment où la vapeur se condense est envoyée, par le moyen d'échangeurs thermiques, dans l'eau d'arrivée. Les dépenses en combustible sont donc faibles. Plusieurs usines de ce genre fonctionnent déjà dans le monde. Dans quelques pays, on utilise les

rayonnements solaires pour chauffer l'eau de sorte que les coûts en combustibles sont nuls.

La congélation est une autre méthode de purification de l'eau de mer. Lorsque celle-ci est congelée, la glace pure se sépare du sel qui reste dans les eaux interstitielles. La glace, lavée et fondue, donne de l'eau douce. Un nouveau procédé japonais consiste à mélanger un liquide réfrigérant directement avec l'eau de mer. Lorsqu'on laisse le réfrigérant s'échapper sous forme de vapeur, il supprime la chaleur latente ce qui a pour effet de congeler l'eau. C'est une opération simple et peu coûteuse. Les résines échangeuses d'ions, l'électrodialyse et l'osmose inversée en sont encore au stade expérimental. La première méthode se fonde sur la suppression des ions de la mer par des résines qui peuvent ensuite être rechargées et utilisées de nouveau ou simplement mises au rebut. L'électrodialyse (39) est un procédé par lequel l'eau de mer est pompée à travers un long tube de verre mince comportant un électrode continu sur chaque bout et à l'extérieur. Lorsqu'on applique un courant continu aux électrodes, les anions et les cations des sels dissous dans l'eau se portent sur les côtés du tube et l'eau devient de plus en plus douce à mesure qu'elle approche du fond du tube. Dans l'osmose inversée, on applique de hautes pressions à l'eau de mer contenue à l'intérieur d'une membrane semi-perméable. Si la pression est beaucoup plus grande que la pression osmotique de l'eau de mer (environ 11 atmosphères), l'eau est forcée à travers la membrane, abandonnant le sel derrière elle.

Des projets encore plus ambitieux ont été envisagés dans le domaine du génie maritime. L'un d'eux consiste à fermer, par une digue, le détroit de Béring (40) et à pomper dans le bassin arctique l'eau superficielle relativement chaude du Pacifique nord, ce qui ferait monter la température de l'eau et de l'air dans la région et libérerait du gel continu des millions de kilomètres carrés de terres sibériennes. Malheureusement, ce projet déplacerait l'eau froide de l'Arctique qui ne pourrait s'écouler que par les deux côtés du Groenland, ce qui détériorerait le climat de l'Europe occidentale et de l'Amérique orientale.

En ce qui concerne le climat, on a avancé que si l'on pouvait, dans les zones des cyclones, recouvrir la surface de l'océan, d'une couche réfléchissante constituée, par exemple de particules brillantes et pouvant flotter, l'énergie thermique nécessaire à la formation des cyclones serait supprimée sans aucun danger.

Un autre projet a trait à la fermeture du détroit de Gibraltar par une digue. Etant donné la forte évaporation qui se produit dans la Méditerranée, le niveau de cette mer tend à baisser, ce qui entraîne un courant de compensation de l'Atlantique vers la Méditerranée, lequel pourrait servir à faire fonctionner une usine hydro-électrique. Une solution entièrement différente a naturellement été proposée: il s'agirait de creuser le détroit de Gibraltar afin que le courant provenant de l'Atlantique comporte des eaux plus profondes et plus riches en oligo-éléments, ce qui accroîtrait la fertilité de la Méditerranée.

On a déjà mentionné l'emploi fait par les physiciens d'instruments dont la mise au point dépend principalement de l'ingénieur électronicien. Celui-ci doit dessiner des micro-circuits d'une précision extraordinaire. Avec l'aide du chimiste physicien, les ingénieurs électroniciens pourront construire des instruments permettant d'analyser directement l'eau de mer, sans avoir à en recueillir des échantillons.

Les études sur le métabolisme des dépôts qui recouvrent les fonds marins et des boues des lacs ont conduit à une méthode entièrement différente pour utiliser l'énergie de la nature (41). Il s'agit de la cellule à combustion biochimique. Son application se fonde sur le fait qu'une bactérie anaérobique, en l'absence d'air, consomme de la matière organique en utilisant l'oxygène du sulfate pour produire du sulfure et un potentiel électrique négatif. Si le sulfure est transféré dans un compartiment aérobique dans lequel croissent des algues de photosynthèse et où le potentiel d'oxydo-réduction est positif, il sera réoxydé en sulfate. En fait, la matière organique est brûlée comme combustible mais en produisant de l'énergie électrique au lieu de la chaleur.

Il convient de mentionner le génie halieutique qui a participé à la construction de bateaux et d'engins de pêche plus efficaces (42). On a même réussi à capturer du poisson à l'aide de pompes aspirantes (43) ou en l'attirant

par un champ magnétique (44). Les progrès futurs porteront principalement sur les filets automatiques (45) qui, au lieu d'être remorqués par un bateau, se déplaceront sous l'eau par leur propres moyens de propulsion.

On voit donc que les ingénieurs civils, mécaniciens, électriciens et chimistes ont tous leur place dans les sciences marines.

BIOLOGIE

La vie a commencé dans la mer et tous les principaux groupes zoologiques ont des représentants marins; en fait, certains d'entre eux n'existent que dans la mer. Les plantes et fleurs qui nous sont familières sont presque entièrement inconnues dans la mer, à l'exception de la vallisnérie spirale et de ses espèces voisines qui croissent uniquement sur les rives sableuses ou boueuses des estuaires. Il paraît étrange au commun des mortels que les plantes marines (herbes et algues) croissent sur des roches alors que les plantes terrestres ont besoin de sol. Les algues absorbent des éléments nutritifs directement de la mer par toute leur surface et n'ont pas besoin de racines. Ce qui ressemble à des racines sont des crampons qui s'accrochent solidement à la roche ou à la coquille sur laquelle vit la plante.

Il reste encore beaucoup à faire en matière de classification des plantes et des animaux marins, et encore plus en ce qui concerne leur écologie (46).

On compte dans la mer trois domaines principaux dont chacun a son groupe particulier d'êtres vivants, mais chaque groupe influence les autres soit en obtenant d'eux sa nourriture, soit en passant d'un domaine dans un autre au cours des divers stades du cycle évolutif. Le domaine planctonique (47) est celui des dériveurs, petits organismes qui n'ont pas la force nécessaire pour lutter contre le courant dans lequel ils nagent; le plancton comprend plusieurs groupes d'animaux ainsi que des algues microscopiques; en fait, le volume des algues planctoniques excède celui des grandes herbes marines qui sont bien plus visibles. Le necton (48) comprend les animaux plus gros qui ont suffisamment de force pour s'opposer au mouvement des masses d'eau dans lesquelles ils vivent; la plupart des poissons, les céphalopodes, quelques crustacés, les puissantes baleines, les phoques et les tortues constituent le necton. Il nous est difficile, habitués que nous sommes à considérer les animaux comme des êtres qui se déplacent, de comprendre que dans la mer de nombreux animaux sont fixés sur les fonds; quelques-uns y sont cimentés, d'autres ont une partie de leur corps enfoncée dans le sable ou la boue; ces animaux, avec certains autres qui rampent ou fouissent et qui abondent dans la mer, constituent le benthos (49).

La raison de cette répartition intercotidale des animaux benthiques, bien qu'elle paraisse se rattacher de quelque manière au niveau des marées, reste un secret. Il y a beaucoup à apprendre sur la vie quotidienne des animaux appartenant au necton, en particulier sur leur puissance de navigation et sur la migration périodique de certaines espèces. On n'a pas encore établi de carte satisfaisante de la distribution géographique de nombreuses plantes et animaux et les facteurs qui sont cause des distributions connues sont encore largement l'objet de conjectures.

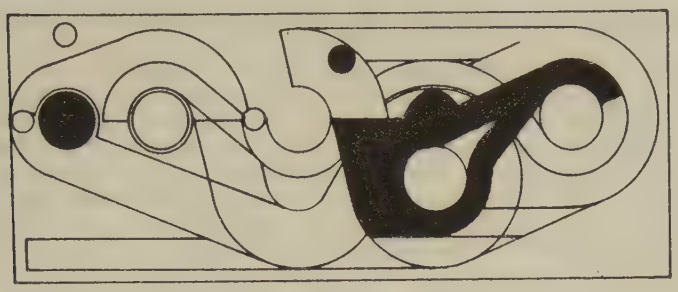
La vie existe dans les parties les plus profondes et les plus sombres des océans (50) mais l'échantillonnage des grands fonds exige des navires de haute mer et un équipement compliqué (51). La physiologie des êtres marins est un domaine fascinant (52); le fait pour un organisme de baigner continuellement dans un fluide dont la teneur en sel diffère de celle ses sécrétions a des conséquences de portée incalculable. Outre l'excrétion destinée à maintenir l'équilibre des sécrétions, de nombreux organismes marins sécrètent des substances organiques appelées ectocrines ou métabolites externes qui conditionnent

l'eau qui les entoure d'une manière qui peut être hostile ou favorable à eux-mêmes ou à leurs concurrents ou prédateurs. L'histoire de l'alimentation et des divers rapports qui existent dans la mer est tellement complexe que le processus n'en est encore peu connu.

Un pour cent seulement des bactéries observées jusqu'ici dans les échantillons d'eau de mer a pu être cultivé avec succès. La plupart d'entre elles sont Gram-négatifs et sont douées de mouvement. Toutes peuvent être classées parmi les genres taxonomiques existants, mais de nombreuses espèces marines ont un besoin indispensable d'éléments particuliers tels que le sodium ou les halogènes. Certaines bactéries marines se dissolvent dans l'eau douce, la stabilité de leur paroi cellulaire étant subordonnée à la présence de cations bivalents.

Les bactéries ont un rôle important dans la mer comme sur la terre; elles décomposent le materiel organique mort (53). Il existe des preuves que ces hétérotrophes marins vivent en communautés avec des algues microscopiques, le tout emmêlé dans des agrégats de précipités de matière organique en suspension dans l'eau. Les interactions métaboliques peuvent se révéler extrêmement complexes.

Ceux qui étudient la vie dans la mer sont généralement connus sous le nom de "biologistes marins" ou moins communément sous celui d' "océanographes biologistes", mais ces deux termes englobent des spécialisations dans presque tous les secteurs de la biologie. Les principales subdivisions sont: la taxonomie, la physiologie, l'écologie (autécologie, synécologie, dynamique des populations, génétique des populations) et le comportement des animaux.



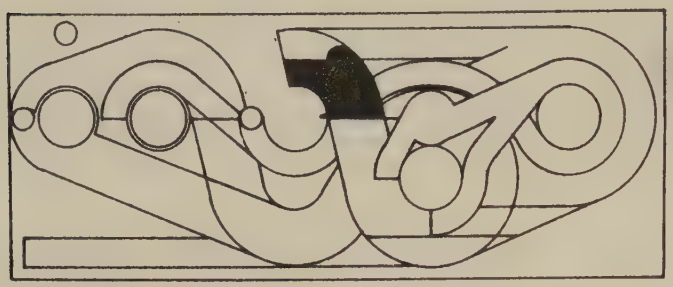
BIOLOGIE DES PECHES

Bien que la mer couvre environ 70 pour cent de la surface du globe (54), la contribution des pêches marines à l'alimentation humaine est relativement faible (1 à 2 pour cent); cependant, étant donné que les captures ne représentent, selon les estimations, qu'un trentième du rendement potentiel (55), de vastes possibilités existent d'accroître l'importance économique de la pêche en mer. En outre, l'estimation du rendement potentiel ne s'applique qu'aux populations vivant à l'état naturel (56): le développement de la pisciculture en mer, devrait permettre une production encore plus importante (57).

A l'heure actuelle, les études scientifiques concernant les ressources halieutiques portent surtout sur la répartition et l'évaluation de ces ressources (58). Tout organisme susceptible d'être utilisé économiquement peut faire l' objet de ces études. La localisation des ressources constitue un secteur spécialisé de la biogéographie qui utilise aujourd'hui un matériel de recherche spécialisé (59). Les données sur les conditions océanographiques et sur la biologie de chaque espèce étudiée sont largement utilisées pour élaborer une explication de la structure général, de sa distribution et des modifications saisonnières et autres de cette structure. Cette explication peut conduire à la création d'un service de prévisions concernant les lieux et les époques où l'on peut trouver chaque espèce. L'évaluation d'une ressource est une étude des populations visant à estimer le volume de cette ressource et, par d'étude de sa dynamique, la quantité de poisson que l'on peut y capturer (56). On fait largement appel aux statistiques et aux modèles mathématiques (60) dans ce travail qui fournit une base pour l'utilisation rationnelle des ressources halieutiques.

Le développement de la pisciculture en mer exigera de grand progrès dans nos connaissances de la biologie générale (61) et de la physiologie (62) du poisson. La plie (63) et quelques autres espèces ont donné lieu à des essais de transplantation du poisson. C'est un premier pas vers la modification des communautés naturelles en vue d'accroître leur productivité. On étudie actuellement l'élevage de populations marines (57) afin d'assurer la survivance au stade larvaire et aux premiers stades suivants, durant lesquels il se produit, en milieu naturel, une énorme mortalité. On envisage l'élevage sélectif pour obtenir des espèce améliorées du point de vue de la croissance, de la capacité de reproduction et d'autres caractéristiques, ce qui exige le développement de la génétique des organismes marins. On parle également de la mise en culture directe de la mer au moyen de méthodes telles que la création de "up-welling" (remontée des eaux profondes); si ces méthodes s'avèrent possibles, elles ouvriront la voie à de nouvelles recherches.

De toute évidence, la biologie des pêches maritimes est étroitement liée à la biologie marine et à l'océanographie physique et chimique. Toutefois, les activités d'un biologiste des pêches diffèrent de celles de ses collègues du fait que son travail consiste dans l'application d'une science à des fins économiques déterminées. Se spécialisation s'étend à travers plusieurs disciplines sans faire partie intégrante d'aucune d'elles.



TECHNOLOGIE DES ALIMENTS

De nombreux savants s'occupent du contrôle de la qualité et de l'amélioration des techniques de conservation (64) des aliments d'origine marine sous forme de poisson en boîte, de poisson congelé, de crustacés frais. Dans le passé, le contrôle de la qualité était surtout du domaine de la chimie, l'indication de la détérioration des aliments étant fournie par la présence de produits de décomposition ou de déchets tels que les composés de méthylamine et d'indole. Aujourd'hui, on a davantage recours aux techniques physiques. Une nouvelle technique ingénieuse permettant de vérifier l'état du poisson se base sur le fait que lorsque le poisson se gâte, sa constante diélectrique baisse et la résistance au courant alternatif passant à travers le poisson diminue.

L'emploi des ressources de la mer sous forme de farines destinées à la consommation humaine et animale, ou comme engrais, s'accroît rapidement et nécessite des recherches en technologie alimentaire.

On met continuellement au point des méthodes améliorée de traitement. L'une d'elles nous intéresse: il s'agit de la stérilisation, avant vente, des huîtres au moyen de rayons ultra-violets. Les huîtres sont placées dans un bain d'eau courante salée et propre qui a été irradiée. Lorsque les huîtres s'ouvrent et commencent à filtrer, l'eau de mer stérile chasse les micro-organismes pathogéniques. Contrairement à certaines méthodes de purification, telles que la javellisation ou la conservation en boîte, cette méthode ne nuit en rien à la saveur du produit.

La chimie de la décomposition du poisson est un vaste domaine et des établissements se consacrent entièrement à l'étude de cette question dans les pays où le poisson constitue un secteur important de l'économie. C'est ainsi qu'en Australie il importe de plus en plus de trouver le moyen de conserver frais le poissons transportés sur de longues distances sous un climat sub-tropical. Il faudra utiliser des découvertes, comme celle de la propriété qu'ont les anti-oxydants d'empêcher les huiles naturelles de se rancir. En même temps que se développe l'exploitation des ressources halieutiques, le gouvernement devra assurer un contrôle étroit de la qualité et fournir une aide dans les domaines de la commercialisation, des investissements de capitaux et de la statistique. Il faudra donc disposer d'économistes, de comptables et d'administrateurs (55).

La technologie alimentaire offre des débouchés en matière de recherche aux chimistes organiques, bactériologistes, ingénieurs, etc.

FORMATION DE CHERCHEURS EN SCIENCES DE LA MER

Il ressort de ce qui précède que le chercheur marin est spécialiste dans l'un quelconque des nombreux domaines considérés. Si vous êtes disposé à faire des recherches sur la mer ou sur certains de ses aspects, il faut décider du genre de recherche que vous désirez faire. En choisissant la mer, vous avez limité la gamme des sujets ou systèmes que vous étudierez, mais cela n'a pas beaucoup réduit le champ des recherches à entreprendre; en fait, vous n'êtes guère plus proche d'une décision que lorsque vous avez choisi de devenir chercheur. Pour prendre cette décision, il vous faut appliquer le même processus que celui que suivent tous les savants, à savoir: soit choisir un domaine particulier par goût personnel ou pour des considérations analogues, soit passer en revue vos aptitudes (telles qu'elles ressortent, par exemple, des résultats des examens que vous avez subis) et vos inclinations pour arriver à une décision par élimination. Cette dernière méthode procède à peu près comme suit: Est-ce que je veux me consacrer à la pensée purement abstraite, comme dans les mathématiques, ou est-ce que je veux m'occuper de choses concrètes ("réelles")? Dans ce dernier cas, est-ce que je veux travailler sur des choses inanimées ou sur des êtres vivants? Dans le premier de ces deux cas, s'agit-il de physique, de chimie ou de géologie? Dans le second cas, est-il question de végétaux ou d'animaux, ou des deux? De telles questions conduisent à une décision concernant le département où vous désirez entrer. Ensuite, il vous faudra choisir une spécialisation et, si possible, un programme de cours qui vous sera utile. C'est en général la tâche la plus difficile et celle, malheureusement (bien que, dans certains cas, l'on puisse dire heureusement) où vous ne pouvez guère être aidé, tout au moins la première année. Les notes ci-après, sur les programmes de cours que certains spécialistes des études marines considèrent comme une préparation satisfaisante en vue des diverses spécialisations, peuvent être utiles; peut-être y reconnaîtrez-vous certains sujets qui conviennent à vos talents et à votre inclination. Si vous croyez les reconnaître, vous aurez au moins une indication utile sur ce que doit être probablement votre spécialisation. Mais rappelez-vous que les cours peuvent se révéler très différents de ce que vous en attendiez. Le meilleur conseil que l'on puisse vous donner est le suivant: quand vous aurez choisi votre discipline (physique, chimie, etc.) recevez une formation de base aussi poussée et complète que possible.

GENERALITES

Toute personne qui désire se consacrer à la recherche dans le domaine des sciences marines doit acquérir une connaissance générale de la géographie des mers. Un cours d'introduction de ce genre doit traiter de la nomenclature (noms des mers, bassins, fossés, détroits, grandes baies, etc.), des principales caractéristiques de la circulation de l'eau et des traits généraux de la biogéographie des mers.

OCEANOGRAPHE CHIMISTE

Formation spécialisée en chimie organique et inorganique. Un sujet supplémentaire utile en géologie pour ceux qui s'intéressent aux sédiments et à l'érosion des sols. La physique sera indispensable pour ceux qui s'intéressent à l'océanographie descriptive, et le génie pour ceux qui envisagent une carrière dans l'exploitation des ressources minérales marines. La botanique, la zoologie, et la biochimie sont utiles pour ceux qui s'intéressent aux phénomènes chimiques déterminés par la vie dansla mer.

PHYSICIEN MARIN

Formation spécialisée en physique (y compris l'hydrodynamique) et en mathématiques (y compris la statistique et l'analyse vectorielle). Parmi les autre matières utiles, citons la chimie (notamment l'analyse volumétrique) et l'électonique (instrumentation). La connaissance de la programmation des ordinateurs présente des avantages.

GEOLOGISTE MARIN

En plus de la géologie comme option principale, la chimie, la physique, les mathématiques et la biologie sont nécessaires.

BIOCHIMISTE

En général, il n'y a pas un grand choix de cours pour l'obtention d'un diplôme

avec la biochimie comme sujet principal. Normalement, on exige une année de chimie, physique et biologie (ou de botanique ou zoologie), deux années de biochimie et deux années de botanique, de chimie ou de zoologie, en plus des études de la première année.

BIOLOGISTE MARIN

Tous les biologistes marins devraient, en plus d'une formation en zoologie ou en botanique (ou les deux), avoir au moins des connaissances de base en physique, chimie, mathématiques et statistique. Dans certaines spécialisations, ils auront besoin d'une formation supérieure dans une ou plusieurs de ces quatre matières, en plus des autres sujets spéciaux.
Taxonomiste: formation en écologie, biogéographie, statistiques supérieures, morphologie comparée et génétique des populations.
Physiologiste: formation spéciale en physiologie et des connaissances en biophysique et biochimie; une formation en écologie est aussi requise.
Ecologiste: une formation spéciale en écologie et en physiologie pour ceux que s'intéressent davantage à l'autécologie; en taxonomie et statistique pour ceux qui veulent étudier de préférence les communautés; en mathématique et statistique pour les études de la dynamique des populations; et en génétique et statistique pour ceux qui s'intéressent à la génétique des populations.
Spécialistes en comportement des animaux: formation en physiologie, éthologie et psychologie.

BIOLOGISTE DES PECHES

Même formation que pour les écologistes qui se spécialisent dans l'étude de la dynamique des populations, mais avec en plus un cours général en science halieutique servant d'introduction à la technologie, à l'économie et à l'administration des pêches.
Graham, M.- "Sea Fisheries. Their Investigation in the United Kingdom." Edward Arnold, 1956.

- - - - - - - -

* Ceux qui ne peuvent faire l'Université pourront trouver des facilités comme assistant en laboratoire ou sur le terrain dans les divers départements des Universités, au Musée de l'Etat, au CSIRO, au Ministère des Pêches de l'Etat, dans l'industrie des pêches, dans les compagnies pétrolières et les industries concernées avec l'exploration des fonds de l'océan pour les minéraux, l'exploitation des produits marins telles les alginates, et la production d'instruments pour la recherche en mer.

Il ne faut pas oublier que l'océanographie est essentiellement une science internationale, d'une part parce que les installations sur les bateaux (qui sont très coûteuses) doivent être utilisées en commun et, d'autre part, du fait que les océans n'appartiennent à aucune nation.

En conséquence, ceux qui désirent acquérir un diplôme feront bien de chercher à obtenir une bourse d'études ou de recherches pour des études postuniversitaires à l'étranger. De telles bourses sont offertes et l'on peut se renseigner à leur sujet auprès du secrétariat des universités.

La science marine est très jeune en Australie et, dans la plupart des disciplines - mais pas dans toutes - ce sont d'autres pays et notamment les Etats-Unis qui ouvrent la voie dans ce domaine. Une fois rentrés en Australie, ces boursiers pourront mettre à profit l'expérience qu'ils ont acquise en entreprenant des recherches marines utiles dans une branche de la science au sein d'un département universitaire, ou travailler dans de nouvelles usines qui souhaitent exploiter certaines ressources marines.

On peut obtenir des renseignements sur les bourses d'études et de recherches à l'étranger en s'adressant à la revue "Etudes à l'étranger" publiée par l'UNESCO à Paris. Le dernier numéro est le 15ème, qui couvre 1964-65.

* Cette section s'applique spécialement aux conditions existantes en Australie. Cependant, le lecteur doit se rappeler que des facilités similaires peuvent aussi exister dans son propre pays.

Certains pays fournissent des renseignements par l'intermédiaire de leurs consulats ou services (par exemple: le British Council). Le Commonwealth Office of Education s'occupe des bourses de voyage et conserve des exemplaires de tous les manuels et guides relatifs aux bourses d'études et de recherches.

Par dessus tout, le candidat océanographe doit avoir un penchant pour la mer et ses problèmes. Le travail à la mer est souvent difficile et manque de confort; parfois même, il est dangereux.

CARRIERES OFFERTES EN SCIENCES DE LA MER

En sciences de la mer, ou dans tout autre domaine de la science, il y a trois genres de carrières: tout d'abord, l'enseignement, la recherche (indirecte, directe ou opérationnelle) et la recherche appliquée. La combinaison de ceci peut se produire comme par exemple l'enseignement et la recherche à l'Université, et le passage de l'un à l'autre cas sans difficulté.

CARRERAS EN LA CIENCIA MARINA

Contenido

	Page
Investigación en las ciencias marinas	27-39
Física	27
Química	29
Bioquímica	31
Geología	32
Matemáticas	33
Ingeniería	34
Biología	36
Biología pesquera	38
Tecnología de los alimentos	39
Entrenamiento para la investigacion en las ciencias marinas	40
Oportunidades de la carrera en las ciencias marinas	42

CARRERAS EN LA CIENCIA MARINA

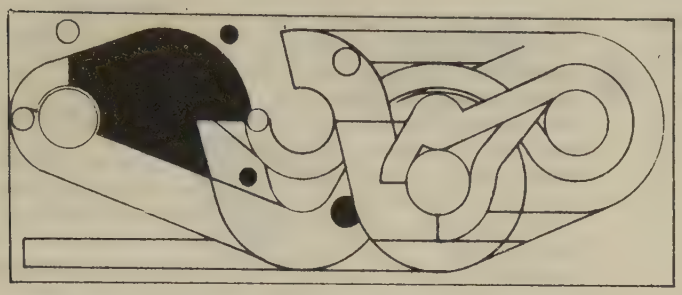
EL OCEANO DEL PLANETA

"Muchas son las gemas que existen
en las cuevas oscuras e insondables
del océano ...."

Ancha es la tierra, pero más lo es el mar; tanto, que el agua salada cubre cerca del 70 por ciento de la superficie del globo y además, hay más agua debajo del nivel del mar que tierra encima de éste. Los continentes son poco más que granos en comparación con las profundas depresiones que llenan las aguas de los océanos. Es posible,por ejemplo, que en los abismos del Pacífico occidental el fondo del mar se aproxime al núcleo en fusión de nuestro planeta. Quizá no se deba al azar el que la faja de major actividad sísmica se encuentre en esa zona. Las profundidades oceánicas siguen siendo un mundo maravilloso del que sabemos muy poco y hasta que nosotros, los que respiramos por pulmones, aprendamos a vivir en ellas o a proyectar nuestros sentidos en su dirección no comprenderemos la estructura de la tierra. Hasta mapas detallados del fondo del mar, faltan, pero ofrece perspectival estimulantes su exploración porque, aunque todavía no podemos decir qué recompensas, incluidos los beneficios económicos, puede ofrecer, es posible que contenga muchos secretos magníficos, ya que lo cubren los detritos de la tierra, acumulandos en sus anfractuosidades más profundas desde el principio de los tiempos. Y es casi seguro que en sucesión ordenada contiene la historia del mundo desde que el agua comenzó a fluir. Ese vasto y profundo océano, el Pacífico, cubre cerca de la mitad del globo, pero hasta la fecha tiene muy poco valor e interés lo que hemos logrado extraer de esta enorme parte de muestro mundo, y exceptuada una pequeña cantidad de peces que empleamos como alimento y unos pocos perfumes y perlas para nuestro adorno, apenas ha contribuido a satisfacer pocas necesidades manifiestas del hombre. Su vacía inmensidad ha ofrecido espacio para el perfeccionamiento de armas modernas y estrategias de guerra. Estos pocos fragmentos, algunos de dudoso valor, es todo lo que nos ha dado. Es difícil aceptar que este estupendo volumen de agua nunca nos ofrecerá mucho más. La ciencia moderna está ya percatada de que los océanos tienen una tremenda influencia indirecta en la tierra y en toda la vida del globo. Por ejemplo: son los principales reguladores del clima y de las condiciones meteorológicas; son el depósito térmico de la tierra, extraen calor de las regiones ecuatoriales y lo envían a las templadas impidiendio que se congelen; absorben una gran parte de la gran cantidad de dióxido de carbono que produce la industria masiva del hombre moderno. No sabemos qué efectos acabará teniendo ésta, pero es posible que las consecuencias sean terribles: quizá afecte la biología de los mares, y la acción química de la absorción de por resultado un aumento de la temperatura que podría tener como consecuencia un aumento del nivel del mar debido a la fusión del hielo polar. Grandes ciudades y enormes extensiones de costa quedarían sumergidas. Aunque se reconocen estas realidades de importancia fundamental, se sabe muy poco de los mecanismos a los que obedecen. Sin embargo, la situación se va aclarando porque la oceanografía es una ciencia en rapidísimo desarrollo. Se ha abandonado la antigua idea de las profundidades inmóviles, y la sustituye un concepto de los mares en movimiento incesante desde la superficie hasta el fondo. Reconocemos la inmensa actividad del mar, el efecto que una acción ejerce en otra, la que a su vez modifica una tercera, y así sucesivamente en todos los eslabones de una enorme cadena. La realidad es que la oceanografía se caracteriza por su complejidad. Sólo en los ultimos años hemos podido comenzar a fabricar instrumentos y aparatos que nos permiten examinar la dinámica de las aguas del mar y observar sus cambios físicos y químicos, y los efectos que tienen en las poblaciones

de criaturas y plantas que habitan en las aguas verdes y azules. Por esto, las diversas ciencias relacionadas con el mar tratan de adquirir conocimientos que pueden decirnos más de nuestro mundo y del universo en general, que, incluso, la exploración espacial. Es muy posible que sean la clave de la sobrevivencia del hombre. Esta es la razón de que ahora, con nuestra población en rápido crecimiento y consumiendo ávidamente muchos de los recursos terrestres tradicionales, incluida, por irónico que parezca, el agua, nos veamos obligados con más urgencia que nunca a buscar ayuda en el mar. Si queremos aprovechar todo lo que nos ofrecen los mares, un número cada vez mayor de nuestros jóvenes, poseedores de las ciencias fundamentales y capaces de realizar investigaciones básicas en un sector muy complejo y en ocasiones peligroso, tendrá que dedicarse a adquirir conocimientos acerca de los diversos aspectos del mar. Sólo de esta manera aumentarán las oportunidades prácticas y adquirirán efectividad sobre una amplia escala de esperanzas, como la piscicultura, la recolección de plancton, la extracción de minerales, la purificación del agua y la generación de fuerza motriz.

Nuestra ilustración da una idea de la magnitud de nuestro tema, su situación dinámica, la complejidad de su estudio y, sobre todo, del reto que presentá a las personas de aptitudes científicas y sentimientos humanos. En general, la parte verde indica la sección del ambiente marino sobre la cual el hombre ejerce cierta influencia; la flecha amarilla señala el insumo natural de energía, gases, productos químicos, minerales y organismos, en tanto que la púrpura indica el insumo no natural, comprendidos los desechos del hombre. Las flechas roja y azul contienen los símbolos de la explotación. Las acciones recíprocas de todos estos insumos y actividades se describen en la ilustración. Este aspecto queda señaldo en particular en la cinta blanca, la cual indica que para estudiar las características y procesos del mar, los científicos tienen que fabricar aparatos especiales que amplíen el radio de acción de sus sentidos, se empeñen en áreas cooperativas e integren sus resultados y observaciones por medio de la matemática y la ordenadora. Si entre tejemos de esta manera los hilos del saber, llegará el momento en que podamos predecir los cambios marítimos de todas clases y conservar y renovar los recursos oceánicos.



INVESTIGACION EN LAS CIENCIAS MARINAS

FISICA

La física del mar es un campo que se amplia rapidamente. La circulación básica de los océanos es un proceso físico que se estudia mediante muchas técnicas. Sucintamente, las corrientes oceánicas se deben a que el agua caliente y, por tanto, más ligera, del ecuador fluye hacia los polos por la superficie; en los polos desciende y se dirige hacia el ecuador por el fondo, ascendiendo muy lentamente en las regiones tropicales, para iniciar el ciclo de nuevo (1). (Los números se refieren a la clave de la ilustración de la página..) De esta manera, enormes cantidades de calor solar son transportadas desde los trópicos hacia el norte y el sur. Distribuye todavía más calor solar el agua que se evapora en las regiones subtropicales y se precipita como lluvia en las zonas templadas de mayor latitud (2). Esta distribución del calor solar es lo que hace posible la vida en una gran parte de la tierra.

La sencilla circulación del agua descrita anteriormente la complican los movimientos del viento (3). Los persistentes alisios empujan el agua caliente de la superficie hacia el oeste, a lo largo del ecuador en los océanos, hasta que encuentra tierra y se desvía hacia el norte y el sur, formándose la famosa Corriente del Golfo y la del Este de Australia (4).

La rotación de la tierra complica todavía más la circulación oceánica porque tiende a desviar todas las masas de agua hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el sur. Si a esto se añade el que en lugares como el Mar Rojo la enorme evaporación produce agua más salada y pesada que desciende a profundidades hasta de una milla, en tanto que las diferentes velocidades de enfriamiento en las zonas ártica, antártica y subantártica producen agua fría y pesada que desciende a diferentes ponente vertical del campo magnético de la tierra, un pequeño voltaje y profundidades, se comprenderá que los oceanógrafos tienen que resolver muchos problemas.

Una gran parte de la física del mar se dedica al estudio de las olas (5), las mareas y los niveles del agua. Un conocimiento más profundo de la generación y comportamiento de las olas ha permetido prever los maremotos, salvándose con ello si no los bienes, muchas vidas. Evitar los daños a los bienes es más un problema de ingeniería.

El nivel del mar no es en modo alguno constante (6) y no sólo varía con las mareas diarias, sino que todos los años sube en verano y baja en invierno, debido, principalmente, a los cambios de la temperatura y de la presión atmosférica. En ciclos de cientos de años de duración, el nivel del océano también cambia debido al aumento y disminución de los hielos polares. En tiempos de los romanos, el nivel del mar era bajo, los inviernos eran fríos y los veranos secos, pero a partir del año 500 de nuestra era, los hielos polares disminuyeron, el nivel del mar aumentó y muchas zonas costeras quedaron cubiertas por el agua; lo mismo que los almacenes y muelles construidos en los días de Roma, pero los que se hicieron para sustituirlos quedaron distantes durante la edad media, en la que se produjo otra época de fríos y bajó el nivel del mar. Hasta cierto punto las tendencias del nivel del mar sirven para predecir los cambios del clima (7).

Se ha despligado mucho ingenio para crear las técnicas de la física del mar. El cinetógrafo geoeléctrico mide las corrientes de la superficie, haciendo que una embarcación arrastre un cable conductor. Una corriente de agua que se mueve en ángulo recto con el conductor genera a causa de la com-

este al medirse, indica la velocidad de la corriente. En la actualidad se miden las corrientes profundas mediante la "boya de flotabilidad neutra" (8), dispositivo de aluminio que, con una gravedad especifica determinada, se tira al costado del barco y se hunde hasta que encuentra agua de su misma densidad. La boya se desplaza con esa masa de agua y sus movimientos se siguen por medio de impulsos sonoros enviados por un transductor que lleva la boya.

También se ha construido un instrumento que mide continuamente el contenido en sal y la temperatura del agua del mar. Este instrumento (9) se hace llegar al fondo del mar y transmite información a la superficie mediante impulsos sonoros codificados. Cada vez se usan más, particularmente en los Estados Unidos, instrumentos fondeados y mantenidos a profundidades determinadas mediante una gran boya (10). Estas estaciones fijas de observación transmiten por radio a las estaciones de tierra datos sobre la salinidad, la temperatura, la velocidad de la corriente y la velocidad del viento.

Se puede obtener una idea general de la corriente a cualquier profundidad calculando el campo de presión en una zona dada. A partir del contenido en sal y de la temperatura de muestras de agua obtenidas a diversas profundidades, se calcula su densidad y la densidad media de la columna de agua en cualquier lugar y a cualquier profundidad. Un lugar de la superficie del mar situado sobre agua de poca densidad (mucho volumen específico) estará a mayor altura que otro situado sobre agua más densa y el agua tenderá a fluir del primero al segundo. Las corrientes calculadas de esta manera concuerdan muy de cerca con las medidas con correntómetros.(11)

La oceanografía física nos ayuda a comprender y predecir por qué algunas partes del océano son más fértiles y prolíficas en materia viva que otras. Como en los océanos hay una lluvia constante de materia orgánica en descomposición formada por células muertas, heces de zooplancton y fragmentos de organismos, el contenido en materiales disueltos necesarios para la síntesis orgánica (elementos traza, nitrógeno, fósforo) aumenta con la profundidad. Donde las aguas profundas ricas suben a la superficie (12), se obtiene un efecto análogo al abonado de un pastizal y se dan espectaculares crecimientos de plantas marinas, seguidos de enormes poblaciones de animales que las consumen o se comen unos a otros.

La meteorología, que fundamentalmente es una ciencia física, se interesa en los fenómenos oceánicos, porque la distribución del calor en el globo la regulan principalmente las corrientes oceánicas. Es posible que con el transcurso del tiempo los satélites meteorológicos, como Tiros (13), se doten de instrumentos para medir y transmitir la temperatura de la superficie del océano. El mar actúa como un inmenso regulador que equilibra el contenido en vapor de agua y dióxido de carbono de la atmósfera. Como estas dos sustancias son las causas principales de la retención de casi todo el calor del sol cerca de la superficie de la tierra (14), una vez más se comprende la importancia que para nuestro clima tienen los océanos.

Los físicos que se especializan en el estudio de los mares pueden dividirse en oceanógrafos físicos y meteorólogos marinos. En Europa se considera "hidrografía" como sinónimo de oceanografía física, pero en la actualidad ese termino se aplica principalmente a la sección de la oceanografía que emplean la armada en la preparación de cartas batimétricas.

QUIMICA

En formas diversas y cantidades variables, el fondo del mar contiene casi todos los elementos de la tabla periódica. Todas las materias disueltas en el mar proceden originalmente de la lixiviación de la tierra, cuando los océanos se formaron al condensarse las nubes de vapor de agua que hace millones de años rodeaban a la tierra. La tierra cede constantemente materiales al mar (15) por lixiviación del suelo, corrosión de metales, combustión y erosión costera. El mar devuelve a la tierra algunas materias, principalmente en las pulverizaciones que entran en la lluvia costera (16), pero es un depósito de materiales disueltos y al agotarse progresivamente la tierra, será preciso examinar más a fondo las posibilidades de explotar este depósito.

La explotación futura de los minerales del mar depende en primer término de técnicas analíticas fidedignas (17), muchas de las cuales pueden aplicarse en escala comercial. Se aprecian las dificultades de analizar el agua del mar cuando se sabe que la concentración del elemento más abundante, el cloro, es un trillón de veces mayor que la del más escaso, el radón.

Es de utilidad práctica el conocimiento de la composición química del agua del mar. Por ejemplo, los compuestos antidetonantes que se emplean en la gasolina contienen bromo, gran parte del cual se extrae del agua del mar; lo mismo ocurre con los importantes metales magnesio, calcio y potasio (18) y el compuesto sulfato de sodio (19). Una milla cúbica de agua de mar contiene veinticinco toneladas de oro y siete de uranio, pero será preciso que las técnicas químicas (probablemente, mediante el uso de resinas de intercambio de iones) adelanten mucho para que se puedan emplear comercialmente estas concentraciones relativamente pequeñas.

El mar es una solución química compleja cuya composición se aproxima a la de nuestra propia sangre y es casi seguro que los primeros animales que abandonaron el ambiente acuático para colonizar la tierra llevaron con ellos parte de su ambiente, reteniendo agua de mar en sus propios cuerpos y formando asi el primer sistema circulatorio primitivo.

Plantas y animales realizan para el hombre parte de la labor de extraer los minerales del mar. Por ejemplo, durante siglos enteros el yodo se obtuvo a partir de las plantas marinas (20), y en tunicados y protozoarios (21) se acumulan elementos como el vanadio y el manganeso.

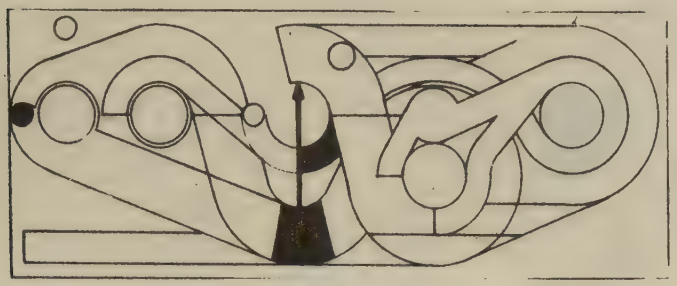
En los últimos años ha despertado mucho interés la eliminación de desechos radiactivos e industriales, transportandolos al océano (22). Aunque puede parecer conveniente y seguro arrojarlos en los lugares más profundos, el análisis químico ha demostrado que aún desde las mayores profundidades (hasta 5 millas) estos materiales vuelven a la superficie o penetran en las criaturas vivas que consume el hombre. La contaminación de las playas por desechos del petróleo que se tiran al mar continúa siendo un problema que no se ha solucionado.

De interés más académico es el estudio de los gases disueltos en el agua del mar. Como el agua profunda del océano está aislada de la atmósfera, las relaciones de los isótopos de nitrógeno y carbono (como dióxido de carbono) (23) tienden a ser diferentes de las que se encuentran en el aire y esta diferencia indica la edad de una masa de agua.

Los fisicoquímicos encontrarán muy interesante el océano, porque la fuerte concentración iónica, el elevado

y constante pH y las presiones a profundidad (cada 10 metros que se desciende aumenta la presión una atmósfera) complican muchas reacciones químicas y, por esta razón la química analítica del agua del mar es una disciplina independiente.

En la investigación química, las especialidades normales son: química inorgánica, química orgánica, química física y química industrial. La investigación del mar corresponde a uno de esos campos aunque con mucha frecuencia los que trabajan en la química del mar se llaman a sí mismos químicos oceanógrafos.



BIOQUIMICA

En el mar, como en la tierra, toda la vida depende últimamente de la fotosíntesis (24), proceso en virtud del cual se emplea la energía de la luz para reducir el dióxido de carbono y el agua a hidrato de carbono y almacenar energía para las síntesis enzimáticas subsiguientes. Gran parte de la investigación oceanográfica se dedica al estudio de la fotosíntesis o de los fenómenos con ella relacionados que ocurren en el océano. Las plantas acuáticas aprovechan mejor la radiación solar que las terrestres. Por ejemplo, Chlorella aprovecha el 2 por ciento de la luz incidente, contra el 1 por ciento, de las plantas terrestres. Del estudio de este fenómeno podrían derivarse avances fundamentales. Como las plantas acuáticas están completamente rodeadas de un ambiente acuoso, es con frecuencia más fácil estudiar los ciclos metabólicos y examinar sus productos finales (25).

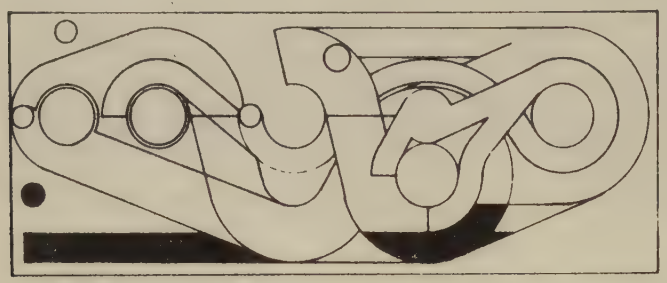
En las profundidades del océano donde no penetra la luz, es decir, desde unas 100 yardas de profundidad hasta el fondo, no puede haber fotosíntesis, pero se estima que cerca de la mitad de la producción orgánica total del océano ocurre en ellas por procesos heterotróficos, es decir: por bacterias y algas que utilizan materias orgánicas disueltas para obtener energía y crear células. No se conoce por completo la naturaleza de esta materia orgánica disuelta y, para llegar a conocerla, tendrán que mejorar mucho las técnicas extractivas y cromatográficas (26). Hasta la fecha sólo se sabe que están presentes aminoácidos, proteínas (27), hidratos de carbono de todas clases, humus, vitaminas, factores de crecimiento y toxinas.

Las plantas acuáticas, como las terrestres, necesitan abundantes elementos traza, muchos de los cuales, como los metales pesados, son muy insolubles en agua de mar. Se cree que algunos de estos metales esenciales los retiene el mar al combinarlos con compuestos orgánicos.

No se conoce exactamente el ciclo de crecimiento y descomposición en el mar. El material que forma las plantas unicelulares vuelve gradualmente al agua y se emplea de nuevo, pero son muchas y muy distintas las maneras en que esto ocurre. Existen muchas incógnitas. Por ejemplo: la lluvia y los ríos aportan al mar anualmente unos 80 millones de toneladas de nitrógeno orgánico, en forma de amoníaco y nitrato, pero solamente 10 millones de toneladas llegan al fondo en forma de nitrógeno orgánico no descompuesto. Nadie sabe lo que ocurre con los otros 70 millones de toneladas.

A todos los organismos vivos del mar se pueden aplicar todos los aspectos de la investigación bioquímica. De la fotosíntesis se ha tratado con detalle anteriormente porque este es un fenómeno universal que reviste enorme importancia y su elucidación se considera como particularmente importante en estos momentos. Esto no quiere decir que no sean también importante el estudio de cuestiones como los procesos metabólicos, las hormonas y los sistemas de enzimas en los organismos marinos. Además, como algunos de los animales más antiguos de la serie evolutiva viven en el mar, la bioquímica marina puede aportar valiosas contribuciones a la bioquímica comparada.

Los bioquímicos que estudian los organismos marinos normalmente no se preocupan de modificar sus títulos y se conforman con que se les conozca como bioquímicos.



GEOLOGIA

A los geólogos marinos se les conoce principalmente por sus actividades relacionadas con la prospección petrolífera (28). Los aceites minerales combustibles proceden de organismos muertos (29) que en forma de sedimentos se depositaron en los fondos de los mares someros hace millones de años. Cubiertos de sedimento y, por tanto, aislados del oxígeno, se descompusieron anaerobicamente formando hidrocarburos de cadena larga. En la actualidad hay gran interés en recuperar del lecho del mar minerales valiosos como azufre, manganeso y fosfato (30).

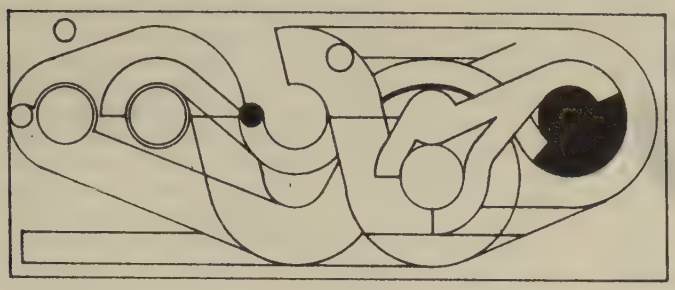
El estudio de los sedimentos del océano no sólo tiene aplicación en la recuperación de minerales como los fosfatos y el manganeso, sino que también sirve para determinar los climas de épocas anteriores (31).

Geólogos interesados en la estructura de la tierra han iniciado un proyecto muy importante llamado "Operación Mohole" (32), que consiste en perforar la corteza de la tierra, hasta llegar a la discontinuidad de Mohorovic, desde una plataforma que flote en el mar. Aunque esto pueda parecer difícil, tiene la ventaja de que debajo del fondo del mar la costra es mucho menos espesa que la que se encuentra debajo de las masas de tierra.

Del estudio de la topografía o forma del fondo del mar se puede aprender mucho acerca del pasado de la tierra (33). La forma actual de su superficie se puede explicar por el "hundimiento" o por la teoría de la traslación continental. La primera implica que los océanos se formaron al hundirse gradualmente las masas de tierra, con una elevación compensadora en los bordes de la zona que se había hundido. Este fonómeno se observa claramente alrededor del océano Pacífico, con la cadena de montañas del oeste de las Américas que bordea su parte oriental y la cadena de islas -que son montañas que surgen del fondo del mar- a lo largo de la occidental. Los partidarios de la teoría de la traslación afirman que los continentes se han desplazado horizontalmente. Lo confirma la semejanza de muchas costas en lados opuestos de los océanos que parecen encajar como los piezas de un "puzzle" y el reciente descubrimiento de que los campos magnéticos de los estratos más viejos no están en un eje norte-sur, lo que indica que al desplazarse, las masas de tierra han girado ligeramente.

Muchos geólogos han recurrido a las pruebas de los combios de la costa (es decir, al nivel de la marea alta) para estudiar los cambios climáticos en edades pasadas o los ocurridos en la distribución de las masas de tierra. La teoría de la isostasia, que supone la compresión de las masas de tierra polares por una masa de hielo cada vez mayor, seguida, en épocas más cálidas, de la elevación, exposición y erosión de estas masas, se vale para la obtención de sus datos de las costas antiguas, que pueden localizarse mediante los fósiles o los cambios en la pendiente del fondo del mar.

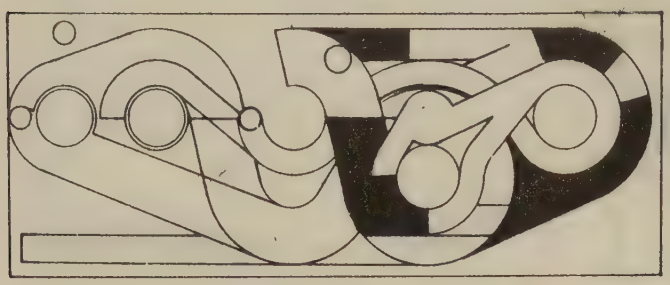
Los que estudian los problemas citados en estos dos últimos párrafos se denominan, en general, geofísicos. Los que estudian la geología del fondo del mar reciben, normalmente, el nombre de geólogos marinos. Existen muchas especializaciones tocante al estudio de la topografía, la estratigrafía, la sedimentación y otras materias.



MATEMATICAS

Ocurre cada vez con mayor frecuencia que los jóvenes dotados para las matemáticas encuentran ocupación en casi todas las esferas de la actividad científica, incluidas las ciencias marinas. Además de la relación directa de las matemáticas con la oceanografía física y la ingeniería naval, los matemáticos pueden contribuir mucho por ejemplo, en la preparación de programas para ordenadoras electrónicas que elaboren la inmensa cantidad de datos que acumulan los científicos marinos (34), y que comprenden desde el contenido en sal de miles de muestras de agua hasta la existencia de un animal determinado en la zona entre mareas.

Los estadígrafos pueden facilitar mucho las tareas de otros científicos ayudándoles a planificar sus observaciones (35). Un ejemplo es la preparación de un programa para medir la densidad de las poblaciones de zooplancton. Es casi inútil recoger zooplancton al azar cuando su distribución puede responder a leyes fijas. De las estadísticas surge la aplicación de procedimientos de investigación operativa cuando se tratan de medir muchas cosas en el océano con poco tiempo y equipo. Así como en la industria se pueden lograr importantes economías o una mayor eficacia mediante el empleo óptimo de maquinaria y personal, en el futuro también se podrán planificar cuidadosamente los viajes oceanográficos (36).



INGENIERIA

Los ingenieros desempeñan un papel en muchos aspectos de la ciencia marina, que van desde el diseño de nuevos instrumentos hasta la protección de las costas. Algunas nuevas aplicaciones de la ingeniería en la esfera marítima se describen a continuación.

El hombre emplea la fuerza hidráulica desde hace muchos años, pero hasta hace poco sólo era la de los ríos y corrientes de agua dulce. La tremenda energía de las mareas no podía emplearse debido a sus fluctuaciones en velocidad y amplitud, pero este problema lo han solucionado los franceses con las dos represas en el estuario del río Rance (37) donde se ha construido una dique de 14 millas de longitud en la cual se han instalado turbinas accionadas por la marea entrante y la saliente, regulándose el flujo del agua mediante compuertas para obtener fuerza uniforme. Durante la noche, al disminuir las necesidades de fuerza motriz, la red nacional suministra electricidad a los generadores de las turbinas, revertiendo su función y empleándolos como motores y bombas. De esta manera, el agua se eleva y se almacena detrás de la presa para emplearla al día siguiente. Los canadienses y los norteamericanos proyectan algo similar en el río passamoquoddy y los británicos estudian el empleo del mascaret del río Severn para la producción de fuerza motriz.

Un dispositivo ingenioso para obtener del mar fuerza motriz aprovechable se basa en que en los trópicos casi toda la radiación del sol queda aprisionada en la parte superior del mar, créandose así una capa superficial cálida debajo de la cual se encuentra agua más profunda y fría, y esta diferencia de temperatura se ha aprovechado en Abidjean, Africa Occidental, para mover una turbina. Sucintamente, el agua cálida de la superficie se envía mediante bombas a una gran corona abierta colocada encima de un pozo profundo, en cuyo fondo hay un serpentín enfriador por el que pasa agua más fría de la parte más profunda del mar. Entre ambos está situada una turbina. El agua cálida se evapora en la corona abierta, desciende al pozo para condensarse en el serpentín enfriador; es la ligera diferencia de presión lo que acciona la turbina. Se produce poca fuerza motriz, pero los costos del combustible no existen, y el agua que se condensa es dulce y apta para su consumo por el hombre.

La conversión de agua salada en agua dulce es un problema urgente. La escasez de agua es general, y se agrava anualmente por el aumento de la población del mundo y el de la industrialización, pues la industria en los Estados Unidos por ejemplo, gasta mucha más agua que cualquier otra actividad humana. Desgraciadamente, la cantidad de lluvia es constante, lo cual pone un límite a la disponibilidad de recursos de agua dulce, pero las reservas de agua de mar son casi inagotables.

Para la transformación de agua de mar en agua dulce los mejores resultados se han obtenido con alambiques de baja presión (38), en los que el agua de mar entra en una serie de cámaras en las que se ha hecho el vacío y se han calentado. A esas bajas presiónes, el agua se evapora más fácilmente y el calor que se desprende cuando se condensa el vapor pasa por medio de intercambiadores de calor al agua de entrada, y de esta manera se mantienen bajos los costos del combustible. Se emplean ya diversas instalaciones de esta naturaleza. En algunos países se utiliza la radiación solar para calentar el agua, con lo que no hay costos de combustible.

Otra manera de convertir agua de mar consiste en congelarla con lo que se forma hielo puro que se separa y la

sal queda en el agua de los intersticios. El hielo se retira, se lava y se funde, y se obtiene agua potable. Existe un nuevo método japonés que consiste en mezclar directamente refrigerante líquido con agua de mar. Cuando el refrigerante se desprende como vapor, absorbe el calor latente y el agua se congela. Es una operación económica y sencilla. Están todavía en la fase experimental las resinas de intercambio de iones, la electrodiálisis y la ósmosis inversa. El primer método consiste en la eliminacion de iones del agua de mar mediante resinas que pueden cargarse otra vez y emplearse de nuevo o, simplemente, desecharse. La electrodiálisis (39) consiste en bombear el agua de mar a través de un tubo de vidrio delgado con un electrodo contínuo en cada lado y por la parte de fuera. Cuando se les aplica una corriente contínua, los aniones y cationes de las sales disueltas en el agua se desplazan hacia los lados del tubo y el agua es cada vez más dulce según se aproxima al extremo del mismo. La ósmosis inversa se basa en la aplicación de presiones elevadas al agua de mar colocada dentro de una membrana semipermeable. Si la presión es mucho mayor que la osmótica del agua del mar (cerca de 11 atmósferas), ésta atraviesa la membrana y deja la sal detrás.

La ingeniería marina tiene todavía proyectos más ambiciosos. Uno es construir una presa en el estrecho de Bering (40) de manera que el agua relativamente cálida de la superficie del norte del Pacífico puede enviarse a la cauenca del Artico, elevando con ello las temperaturas del agua y el aire en la región, y poniendo fin a la congelación permanente de miles de millas cuadradas de Siberia. Desgraciadamente, este proyecto desplazaría el agua fría del Artico que sólo podría salir por ambos lados de Groenlandia, empeorando el clima de Europa occidental y de América oriental.

En lo referente al clima, se ha afirmado que si las aguas donde se forman los huracanes pudieran cubrirse de una superficie reflectante, como partículas flotantes brillantes, la energía calórica necesaria para la génesis del ciclón se disiparía sin causar daños.

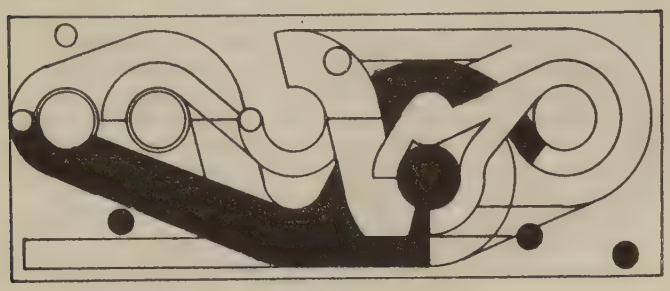
Otro proyecto consiste en construir una presa en el estrecho de Gibraltar. Como es siempre intensa la evaporación en el mar Mediterráneo, su nivel tiende a bajar, lo que es motivo de una corriente compensadora del Atlántico al Mediterráneo. Si se construyera una presa y se instalara maquinaria hidroeléctrica podría aprovecharse este flujo contínuo. También se ha hecho una propuesta, totalmente contraria, al efecto de que se dé más profundidad al estrecho de Gibraltar para que del Atlántico entren aguas más profundas y más ricas en elementos traza con lo cual aumentaria la fertilidad del Mediterráneo.

Ya se ha dicho que los físicos emplean instrumentos cuya construcción depende principalmente del ingeniero especializado en electrónica, que tiene que hacer circuitos diminutos extraordinariamente seguros. Con ayuda del químico-físico, el ingeniero especializado en electrónica puede construir instrumentos para analizar el agua del mar directamente, sin necesidad de recoger muestras.

Los estudios del metabolismo de los depósitos del fondo del mar y de los fangos de los lagos ha creado una idea totalmente distinta respecto a la obtención de fuerza motriz de la naturaleza (41). Se trada de la pila eléctrica bioquímica cuyo funcionamiento depende de que las bacterias anaerobias consumen materia orgánica en ausencia del aire, empleando el oxígeno del sulfato y produciendo sulfuro y un potencial eléctrico negativo. Si el sulfuro se transfiere a un compartimiento aerobio en el que se desarrollen algas fotosintéticas y en el que sea positivo el potencial redox, el sulfato se reoxidará. En efecto, la materia orgánica se quema como combustible, pero produce energía eléctrica en vez de calor.

Debemos mencionar la ingeniería pesquera que ha contribuido a la construcción de embarcaciones y equipo de pesca de más rendiamiento (42). Se ha alcanzado un cierto éxito en la captura de peces mediante bombas de succión (43) o atrayéndolos con un campo eléctrico (44). Entre las innovaciones futuras es probable que figuren las redes de pesca automáticas (45), que no remolca ninguna embarcación, pues son movidas por sus propios grupos propulsores.

De esta manera, la ingeniería civil, mecánica, eléctrica y química tiene cabida en las ciencias del mar.



BIOLOGIA

La vida ha comenzado en el mar, y todos los principales grupos de animales tienen representantes marinos o están confinados en el mar. Las plantas fanerógamas faltan casi por completo en el mar, exceptuadas Zostera marina y sus afines más próximas, que sólo crecen en las orillas de estuarios arenosos o fangosos. Parece extraño que las plantas marinas, las algas, crezcan en rocas, cuando en tierra necesitan suelo. Las algas absorben los nutrientes directamente del mar por toda su superficie y no necesitan raíces; lo que parecen raíces son dispositivos de sujeción para agarrarse firmemente a la roca o concha en la que está fija la planta. Todavía queda mucho por hacer tocante a la clasificación de las plantas y animales marinos, y aun más respecto a su ecología (46).

En el mar existen tres grandes reinos, cada uno de los cuales tiene su propio grupo de criaturas, pero cada grupo influye en los otros, obteniendo alimento de ellos o pasando de uno a otro en diferentes fases de su ciclo vital. El reino planctónico (47) es el de los pequeños organismos que van a la deriva, y cuya capacidad natatoria es tan débil que no pueden ir contra las corrientes. El plancton comprende muchos grupos animales y también algas microscópicas, de las que hay cantidades muchísimo mayores que de las grandes, que son mucho más notorias. El necton (48) lo forman animales mayores capaces de nadar con fuerza suficiente para oponerse al movimiento de las masas de agua en las que viven; pertenecen al necton casi todos los peces, los calamares, algunos crustáceos, las poderosas ballenas, las focas y las tortugas. Nos resulta difícil, acostumbrados a considerar los animales como seres que se mueven libremente, comprender que en el mar existen muchos sujetos al fondo, algunos pegados a él, otros con partes de su anatomía enterradas en la arena o fango. Estos, junto con algunos minadores o creptantes que abundan en el mar, forman el bentos (49).

Continúan siendo desconocidas las razones de la distribución de los animales del bentos entre las mareas, aunque es evidente que está relacionada con los niveles de éstas. Se desconocen muchos aspectos de la vida de los seres del necton, particularmente de su capacidad de desplazarse o de las emigraciones periódicas de algunas especies. Se tienen que determinar todavía de modo mas preciso la distribución geográfica de innumerables animales y plantas, y continúan siendo un secreto casi todos los factores a que obedecen las distribuciones conocidas.

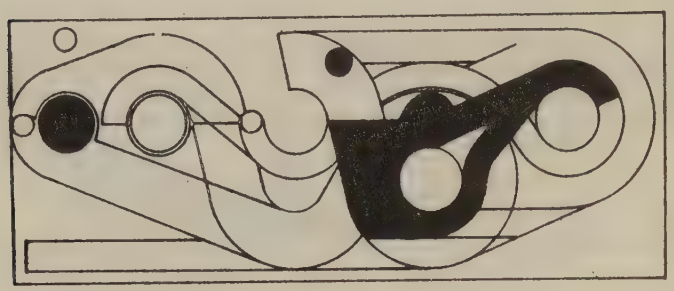
Existe la vida en las partes más profundas y oscuras del oceáno (50), pero para obtener muestras de las grandes profundidades es preciso disponer de embarcaciones de altura y de equipo muy elaborado (51). Es interesantísimo el estudio de la fisiología de los seres marinos (52), y son trascendentales las consecuencias de estar sumergido constantemente en un liquido cuyo contenido en sal puede ser distinto del de los fluidos del cuerpo. Además de las excreciones para mantener el equilibrio de agua de los flúidos del cuerpo, muchos organismos marinos secretan sustancias orgánicas llamadas ectocrinas o metabolitos externos, que varían las condiciones del agua que les rodea, de manera que pueden ser adversas o favorables para ellos mismos o para sus competidores o predadores. Todo lo concerniente a la alimentación o a otras relaciones en el mar, es tan complejo, que apenas se comprende.

Solamente se ha logrado cultivar el 1 por ciento de las bacterias ob-

servadas hasta la fecha en muestras de agua de mar; casi todas son gramnegativas, móviles, y todas pueden clasificarse en los géneros taxonómicos existentes, pero muchas especies marinas necesitan por fuerza elementos determinados como el sodio o los haluros. Algunas bacterias marinas se desintegran en agua dulce, dependiendo la estabilidad de sus células de la presencia de cationes bivalentes.

Las bacterias son tan importantes en el mar como en la tierra por su función desintegradora de la materia orgánica muerta (53). Parece estar demostrado que estos heterótrofos marinos viven en comunidades con algas microscópicas, todos mezcladas en agregados de materias orgánicas precipitadas, en suspensión en el agua. Es posible que su correlación metabólica sea muy compleja.

A los que estudian la vida en el mar se les llama biólogos marinos y, menos comúnmente, biológos oceanógrafos, comprendiendo ambos términos especializaciones en casi todos los campos de la biología. Las subdivisiones principales son taxonomía, fisiología, ecología (autecología, sinecología, dinámica de la población, genética de la población), y reacciones de los animales.



BIOLOGIA PESQUERA

Aunque los mares cubren cerca del 70 por ciento de la superficie de la tierra (54), la pesca contribuye con muy poco a la alimentación del hombre (de 1 a 2 por ciento), pero como se ha estimado que solamente se captura la 30a parte del rendimiento potencial (55), existen muchas oportunidades de incrementar la importancia económica de la pesca marítima. Además, el redimiento potencial estimado solamente se refiere a las poblaciones silvestres (56), pues si se encuentran procedimientos de piscicultura en el mar aumentará la producción (57).

En la actualidad, los estudios científicos de los recursos pesqueros marinos se circunscriben casi exclusivamente a la localización y evaluación (58). Toda clase de organismo para el que se pueda encontrar un uso económico se convierte en materia de estos estudios. La localización de recursos es un sector especializado de la biogeografía que actualmente emplea equipo de búsqueda muy especualizado (59). Se utilizan mucho los datos de las condiciones oceanográficas y de la biología de cada especie investigada para encontrar una explicación de la modalidad general de su distribución y de los cambios estacionales y de otros tipos de tales modalidades. Tal explicación puede dar por resultado un servicio de previsiones respecto al lugar y momento de encontrar cada especie. La evaluación de un recurso es un estudio de la población encaminado a estimar su magnitud y, con del análisis de su dinámica, a estudiar el rendimiento que se puede obtener del mismo (56). Para ello se han empleado mucho los modelos matemáticos y estadísticos (60). Esta labor constituye la base para el aprovechamiento racional de los recursos pesqueros marinos.

Para poder practicar el Desarrollo de la piscicultura será necesario ampliar mucho nuestros conocimientos de la biología (61) y fisiología (62) generales de los peces. Con platijas (63) y otras pocas especies se han hecho ya pequeños ensayos de trasplantes. Es un primer paso hacia la modificación de las comunidades naturales para incrementar su productividad. Se estudia actualmente (57) la cría artificial de poblaciones marinas con objeto de lograr la sobrevivencia en las fases larvales y juveniles que en su estado natural sufren enormes pérdidas. La reproducción selectiva para obtener variedades con mayor velocidad de crecimiento, capacidad reproductiva y otras características, es objeto de un estudio que lleva anejo el de la genética de los organismos marinos. También se habla del cultivo directo de los mares por métodos como la creación de afloramientos y de dar resultados prácticos, sería la base de nuevas investigaciones.

Evidentemente, la biología pesquera marina está estrechamente relacionada con la biología marina y con la oceanografía física y química, pero el trabajo del biólogo pesquero marino es distinto del de sus colegas porque se trata de una ciencia aplicada que se encamina a fines económicos bien identificados. Es una especialización que abarca diversas disciplinas y no queda comprendida en una sola de ellas.

TECHNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS

El empleo de alimentos del mar en forma de pescado enlatado o congelado y de mariscos frescos exige que un cierto número de científicos inspeccionen la calidad o mejoren las técnicas de la conservación (64). En el pasado, la calidad se inspeccionaba principalmente por medios químicos, ya que la deterioración de los alimentos la indicaba la presencia de productos de la descomposición o deterioración como la metilamina y los compuestos del indol. En la actualidad se emplean más las técnicas físicas. Una técnica nueva muy ingeniosa para determinar la calidad se basa en que al deteriorarse el pescado, disminuye su constante dieléctrica, y decrece su resistencia a una corriente alterna medida a través de su cuerpo.

Aumenta rápidamente el empleo de recursos marinos para la fabricación de harina destinada al consumo humano, a la alimentación de los animales domésticos, y a su empleo como fertilizante, todo lo cual exige que se hagan investigaciones en tecnología de los alimentos.

Mejoran constantemente los métodos de elaboración y uno que nos interesa en particular es el empleo de la luz ultravioleta para esterilizar las ostras antes de su venta; éstas se ponen en un recipiente de agua salada corriente limpia que ha sido irradiada, y, al abrirse y comenzar a filtrar, el agua de mar estéril acarrea los microorganismos patógenos. Al contrario de algunos métodos de purificación como la cloración o el enlatado, esta técnica no altera el sabor del producto.

La química de la deterioración de los productos del mar es un sector amplísimo al que se dedican grandes instituciones de países en los que tales productos son un aspecto importante de la economía. En países como Australia adquirirá mayor importancia cada vez encontrar la manera de mantenerlos frescos mientras se transportan a enormes distancias en climas subtropicales. Será preciso hacer descubrimientos tan importantes como el de la capacidad de los antioxidantes para impedir que los aceites animales se pongan rancios. Simultáneamente con la expansión de la explotación de los productos del mar aumenta la necesidad de que los gobiernos regulen estrictamente la calidad, y de que presten ayuda en lo relativo al mercadeo, inversión de capital y registro de datos. Para esto se necesitarán economistas, contadores y administradores (55).

La tecnología de los alimentos ofrece oportunidades de investigaciones a los químicos orgánicos, bacteriólogos, ingenieros y otros.

ENTRENAMIENTO PARA LA INVESTIGACION EN LAS CIENCIAS MARINAS

Se desprende de todo lo anterior que el científico marino es un especialista en uno u otro de muchos sectores. El que quiera hacer investigaciones sobre el mar o alguno de sus aspectos, tiene que decidir de qué clase van a ser. Al escoger el mar, se ha reducidio la gama de materias o sistemas que se van a estudiar, pero no la de las clases de investigaciones que se van a realizar; es más, la decisión definitiva está tan distante como cuando se decidió ser un científico. Antes de tomar esta determinación hay que decidir, como lo han tenido que hacer todos los científicos, si se van a seguir unos estudios determinados por razones personales o consideraciones análogas o, examinar la propia capacidad (revelada por los resultados de los exámenes, por ejemplo) e inclinaciones y decidir por eliminación. Para ello se razona como sigue: ¿deseo ocuparme de cosas puramente abstractas como las matemáticas, o de cosas concretas?; en el segundo caso, ¿deseo trabajar con cosas animadas o inanimadas?. En el primero de estos dos casos, ¿quiero estudiar física, química o geología? En el segundo, ¿se trata de plantas, de animales, o de ambas cosas? Después de meditar sobre ello debería ser fácil decidir lo que se desea estudiar. Este proceso nos lleva a decidir acerca del departamento en que queremos entrar. Posteriormente todavía se tendrá que decidir la especialización y que estudios hay que cursar. Generalmente esto es lo más difícil y, por desgracia (aunque en algunos casos por suerte) no se puede recibir ayuda, por lo menos en el primer año. Las notas siguientes sobre los estudios que según algunos científicos marinos son una preparación conveniente para las diversas especializaciones, pueden facilitar la elección. Es posible que entre éstos se encuentre una serie de materias que se adaptan a sus dotes y satisfacen sus deseos. El que crea haberlas localizado, tendrá una idea de lo que es probable que sea su especialización, pero téngase presente que los cursos pueden resultar una cosa completamente distinta de lo que se espera. Probablemente, el mejor consejo que se puede dar es: una vez elegidos los disciplinas (física, química, etc.) lo mas conveniente es adquirir una formación básica amplisima.

ADVERTENCIA GENERAL

Todos los que deseen hacer investigaciones de ciencias marinas deberán adquirir conocimientos generales de la geografía del mar. Un curso preparatorio de esta clase debería comprender nomenclatura (nombres de los mares, cuencas, trincheras, estrechos, grandes golfos, etc.), características principales de la circulación del agua y características generales de la biogeografía de los mares.

Sverdrup, H., Johnson, M. y Fleming, R. - "The Oceans - Their Physics, Chemistry and General Biology". Prentice Hall, 1942. Ommaney, F. - "The Oceans. Oxford University Press, 1949.
Hedgpeth, J. - "Treatise on Marine Ecology and Paleoecology". Vol. I - Ecology. Chapter 2, 3, 5 y 13. Geological Society of America, 1957.

OCEANOGRAFO QUIMICO

Preparación especial en química orgánica e inorgánica. A los que les interesen los sedimentos y la erosión de las tierras les conviene estudiar geología. La física es esencial para los que se interesen en la oceanografía descriptiva; la ingeniería, para los que deseen cursar estudios sobre la explotación de los recursos minerales marinos. Los interesados en los fenómenos químicos en los que influye la vida en el mar tendrán que estudiar botánica, zoología y bioquímica.

Harvey, H.W. - "The Chemistry and Fertility of Sea Waters". Cambridge University Press, 1955.
Barnes, H. - "Apparatus and Methods of Oceanography. Part I: Chemical". George Allen and Unwin, 1959.
Richards, F.A. - "Some Currents Aspects of Chemical Oceanography". Chapter 4 in "Physics and Chemistry of the Earth", Vol. 2. Pergamon Press, 1957.

FISICO MARINO

Estudios especiales de física (incluida la hidrodinámica) y matemáticas (incluidas estadística y análisis de vectores). Otras materias útiles serán la química (particularmente análisis volumétrico) y la electrónica (instumentos). Sería conveniente el conocimiento de programación para ordenadoras.

Sverdrup, H.V. - "Oceanography of Meteorologists". George Allen and Unwin, 1945.
Proudman, J.P. - "Dynamical Oceanography". Methuen, 1953.
Berry, A., Bollay, E. y Beers, N. - "Handbooks of Meteorology". McGraw-Hill, 1945.
Sverdrup, H.V., Johnson, M. y Fleming, R. - "The Oceans" -"Their Physics, Chemistry and General Biology". Chapters 11-15. Prentice Hall, 1942.

GEOLOGO MARINO

Además de geología como materia principal, es necesario estudiar química, física, matemáticas y biología.

BIOQUIMICO

El que desee graduarse en bioquímica tiene poca libertad de elección en cuanto a cursos. Normalmente, tendrá que estudiar un año química, física y biología (o botánica o zoología), dos años bioquímica, y dos años botánica, química o zoología, además de lo que ha estudiado el primer año. Los otros dos cursos entre los que se puede elegir deberían comprender química superior y botánica y zoología normales o superiores.

BIOLOGO MARINO

Todos los biólogos marinos deberían conocer bien zoología o botánica, y tener por lo menos nociones de física, química, matemáticas y estadística. En algunas especializaciones será necesario poseer conocimientos superiores de uno o más de estas cuatro materias, además de otras especiales.
Taxonomista: tendrá que poseer conocimientos de ecología, biogeografía, estadística superior, morfología comparada y genética de poblaciones.
Fisiólogo: preparación especial en fisiología y conocimientos de biofísica y bioquímica; tiene que poseer conocimientos de ecología.
Ecólogo: preparación especial en ecología, y en fisiología para los que deseen especializarse en autecología; en taxonomía y estadística para los que deseen estudiar comunidades; en matemáticas y estadísticas para los que prefieran la dinámica de las poblaciones; y en genética y estadística para los que quieran estudiar genética de las poblacións.
Comportamiento de los animales: conocimientos de fisiología, etología y sicología.

BIOLOGOS PESQUEROS

Los estudios deberían ser iguales a los de los ecólogos que es especializan en la dinámica de las poblaciónes y, además, seguir un curso general de ciencia pesquera con una introducción a la tecnología, economía y administracion pesqueras.
Graham, M. - "Sea Fisheries - Their investigation in the United Kingdom". Edward Arnold. 1956.

- - - - - - - - -

* Los que no ingresen en una universidad podrán trabajar como ayudantes de laboratorio o en el exterior en facultades universitarias, museos del Estado, la CSIRO, los departamentos de pesca estatales, la industria pesquera, las compañías petrolíferas y las empresas interesadas en la exploración del fondo oceánico, con vistas a la explotación de los minerales, de productos marinos como alginatos, o a la fabricación de instrumentos para la investigación marítima.

Téngase presente que, la oceanografía es esencialmente una ciencia internacional debido, en parte, a la necesidad de compartir las instalaciones de los barcos (que son costosos de explotar), y porque el océano no pertenece a ninguna nación.

Por esto, los que deseen obtener un título universitario deberían pensar en las becas de estudio o de investigación en el extranjero para titulados. Existen muchas y se pueden obtener detalles de los secretarios de las univerisdades.

---

* Esta sección da detalladamente las condiciones en Australia. Sin embargo, el lector debe considerar que las mismas facilidades también pueden existir en su propio país.

La ciencia marina es muy joven en Australia, y la principal labor en casi todos los sectores se realiza en otros países, particularmente en los Estados Unidos. Con la experiencia que han adquirido, los que regresen a Australia pueden contribuir más al progreso general, particularmente porque pueden iniciar el trabajo relacionado con el mar en la facultad de una universidad, o ponerse a disposición de nuevas industrias que deseen explotar algún recurso marino.

Se encuentra información sobre becas de estudio e investigación en el extranjero en "Study Abroad", que publica la Unesco en París, y se adquiere en las librerías o se puede solicitar a la Commonwealth Office of Education. La edición más reciente, la 15ª, abarca los años 1964-65. En los consulados o centros (por ejemplo, el British Council) de diversos países se encuentra información sobre la misma materia. La Commonwealth Office of Education hace algunos donativos para viajes y tiene copias de todos los manuales y guías de becas o donativos para investigaciones.

Sobre todo, el oceanógrafo potencial debería tener afinidad con el mar y sus problemas. El trabajo en el mar es con frecuencia difícil e incómodo y, en ocasiones, peligroso.

OPORTUNIDADES DE LA CARRERA EN LAS CIENCIAS MARINAS

En las ciencias marinas, como en otras, existen tres tipos principales de carreras: enseñanza, investigación (dirigida, no dirigida, operaciones), y aplicación de los resultados de la investigación. Es posible hacer combinaciones, por ejemplo, de enseñanza e investigaciones en puestos universitarios; también se puede pasar de una a otra.

FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER

This is one of a series of Technical Papers (see inside front cover) dealing with aspects of the work of the FAO Department of Fisheries, Fishery Resources and Exploitation Division, including the review of pertinent information on particular topics, to meet the request for assistance, for presentation to technical and scientific meetings, etc. Extra copies can be obtained by application to:

Biological Data Section
Fishery Resources and Exploitation Division
FAO, 00100 Rome, Italy

(Papers issued since January 1968)

FRm/T71		Fishermen and the weather	February 1968
	(Fr)	Les pêcheurs et les conditions météorologiques	Novembre 1968
	(Es)	Los pescadores y el tiempo	Marzo 1968
FRm/T70		The concept of the maximum sustainable yield and fishery management	February 1968
FRs/T72		Population dynamics of the Peruvian anchoveta	February 1968
FRs/T40 Rev. 2		Manual of methods for fish stock assessment - Part I. Fish population analysis	June 1968
FRs/T73		Partial bibliography on the bacterial diseases of fish	June 1968
FRs/T54		North Atlantic bibliography and citation index	June 1968
FRs/T26 Suppl. 2		Manual of sampling and statistical methods for fisheries biology Part II - Statistical methods	July 1968
FRo/T67		An example of the process of selecting a trawl and matching it to towing power	July 1968
FR/T74		Work of FAO and related organizations concerning marine science and its applications	September 1968
	(Fr)	Activités de la FAO et des organismes qui lui sont reliés dans le domaine des sciences marines et de leurs applications	Novembre 1968
FID/77		Establishment, structure, functions and activities of international fisheries bodies - IV - Permanent Commission of the Conference on the Use and Conservation of the Marine Resources of the South Pacific	October 1968
FID/T78		Establishment, structure, functions and activities of international fisheries bodies - V - General Fisheries Council for the Mediterranean (GFCM)	October 1968
	(Fr)	Création, structure, attributions et activités des organismes internationaux des pêches - V - Conseil général des pêches pour la Méditerranée (CGPM)	Janvier 1969
FRv/T80		The Freedom from Hunger Campaign outboard mechanization projects in Dahomey and Togo	December 1968
FRi/T81		The role of FAO in the development of inland fishery resources	December 1968
FRi/T82		Scientific basis for the conservation of non-oceanic living aquatic resources	December 1968
FID/T79		Limits and status of the territorial sea, exclusive fishing zones, fishery conservation zones and the continental shelf	December 1968
FRs/T75		Bibliography of papers relating to the control of mosquitoes by the use of fish	December 1968
FRs/T83		Manual of methods for fish stock assessment - Part V. The use of acoustic instruments in fish detection and fish abundance estimation	February 1969
FRs/T84		Upwelling and fish production	June 1969
FRi/T85		Directory of fish culture research institutions	June 1969
FRv/T87		Computer-aided studies of fishing boat hull resistance	December 1969
FRv/T88	(Fr)	Le coefficient prismatique	Décembre 1969
	(Es)	El coeficiente prismático	Diciembre 1969
FRv/T89	(Fr)	Types de bateau destinés aux pays dont les pêches sont en voie de développement	Décembre 1969
	(Es)	Embarcaciones de pesca para las pesquerías en vías de desarrollo	Diciembre 1969
FRD/T90	(Tri)	Careers in marine science. Carrières en sciences de la mer. Carreras en la ciencia marina	December 1969

MI/96378/1.70/TRI/1/1000